

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): HONGO, et al.
Serial No.: Not yet assigned
Filed: July 29, 2003
Title: DISPLAY DEVICE, PROCESS AND APPARATUS FOR ITS PRODUCTION
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

July 29, 2003

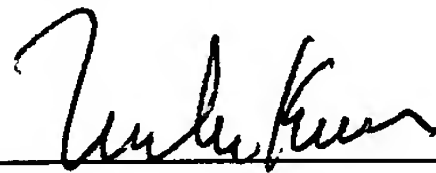
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application Nos. 2002-256533, filed September 2, 2002 and 2003-062938, filed March 10, 2003.

A certified copy of each said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/alb
Attachment
(703) 312-6600



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 2 年 9 月 2 日

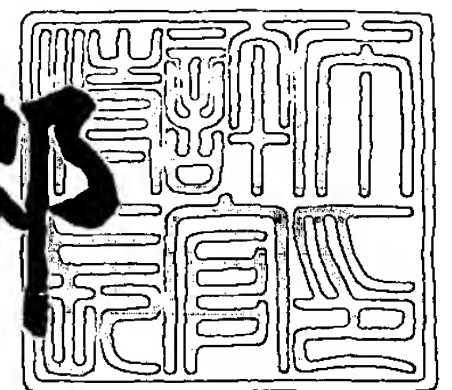
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 2 5 6 5 3 3
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 5 6 5 3 3]

出 願 人
Applicant(s): 株 式 会 社 日 立 デ ィ ス プ レ イ ズ

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 4 2 4 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 340200458

【提出日】 平成14年 9月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G09F 3/36

H01L 21/20

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 本郷 幹雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 宇都 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 野本 峰生

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 中田 俊彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日
立製作所 中央研究所内

【氏名】 波多野 睦子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 山口 伸也

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県茂原市早野 3 3 0 0 番地 株式会社日立製作所ディスプレイグループ内

【氏名】 大倉 理

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100093506

【弁理士】

【氏名又は名称】 小野寺 洋二

【電話番号】 03-5541-8100

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014889

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表示装置とその製造方法および製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一主面に半導体膜が形成された第 1 の基板と、前記第 1 の基板の前記一主面側に所定の間隙をもって重ね合わせられた第 2 の基板と、前記第 1 の基板の前記一主面上の一方向に延在して並設された多数のデータ線および前記一方向と交差する他方向に延在して並設された多数の走査線と、前記半導体膜で作り込まれて前記データ線と前記走査線の交差部分の近傍に配置された画素部アクティブ素子を有する画素回路からなる多数の画素がマトリクス状に配列された表示領域を有する表示装置であって、

前記第 1 の基板上の前記表示領域の外側の少なくとも一辺に前記データ線および前記走査線を介して前記画素回路を駆動する駆動部アクティブ素子を含む駆動回路を有し、

前記駆動部アクティブ素子が作り込まれる前記半導体膜は、電流の流れる方向を横切る結晶粒界を持たない帯状結晶粒を含む多結晶半導体膜で構成されていることを特徴とする表示装置。

【請求項 2】

前記駆動回路が前記第 1 の基板の少なくとも 1 辺の複数箇所に分割して形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 3】

前記第 1 の基板および前記第 2 の基板がガラス基板、前記画素部アクティブ素子および前記駆動部アクティブ素子が薄膜トランジスタであり、前記画素が当該画素を構成する画素回路の前記画素部薄膜トランジスタの出力で駆動される画素電極を有し、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板の間に液晶層が挟持されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の表示装置。

【請求項 4】

前記第 2 の基板に、前記画素電極との間に電界を形成するための共通電極を有

することを特徴とする請求項 3 に記載の表示装置。

【請求項 5】

前記第 1 の基板に、前記画素電極との間に電界を形成するための対向電極を有することを特徴とする請求項 3 に記載の表示装置。

【請求項 6】

前記第 1 の基板が少なくともガラス基板、前記画素部アクティブ素子および前記駆動部アクティブ素子が薄膜トランジスタであり、前記画素が当該画素を構成する画素回路の前記画素部薄膜トランジスタの出力で駆動される正極または負極の電極を有し、

前記一方の電極との間に有機発光層を介在して当該一方の電極と正負対になる負極または正極の電極を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の表示装置。

【請求項 7】

一主面に非晶質半導体膜あるいは粒状多結晶半導体膜が形成された絶縁基板をステージ上に載置し、前記絶縁基板上の前記非晶質半導体膜あるいは粒状多結晶半導体膜の複数の領域にレーザ光を照射してアニールすることにより前記非晶質半導体膜あるいは粒状多結晶半導体膜を帯状結晶を含む多結晶半導体膜に改質して表示装置用のアクティブ・マトリクス基板を得る表示装置の製造方法であって、

前記レーザ光として、線状あるいは短冊状に集光された連続発振レーザ光を用い、

前記絶縁基板を前記レーザ光の前記線状あるいは短冊状の長手方向に交差する方向に連続的に移動させ、

前記レーザ光を照射すべき各々の領域に達した時点で前記連続発振レーザ光の照射を開始し、

前記レーザ光を照射すべき領域を通過した時点で前記連続発振レーザ光の照射を停止にする動作を繰り返すことにより、

前記改質された前記帯状多結晶半導体膜を前記絶縁基板の移動方向に対して不連続に形成することを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項 8】

前記絶縁基板の移動開始とともに前記連続発振レーザ光の照射エネルギー密度を前記非晶質半導体膜あるいは粒状多結晶半導体膜の前記改質に適した値の $1/3$ 以下で照射を開始し、

前記絶縁基板を連続的に移動させた状態で、前記改質を施すべき領域に達した時点で前記連続発振レーザ光の照射エネルギー密度を前記改質に適した値に設定し、

前記改質を施すべき領域を通過した時点で前記連続発振レーザ光の照射エネルギー密度を前記改質に適した値の $1/3$ 以下に低減する動作を繰り返すことを特徴とする請求項 7 に記載の表示装置の製造方法。

【請求項 9】

前記改質を施すべき領域が薄膜トランジスタの能動領域とその周辺部であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の表示装置の製造方法。

【請求項 10】

前記絶縁基板がガラス基板であり、前記改質を施すべき領域が前記画素を駆動する駆動部薄膜トランジスタの能動領域が形成される領域であることを特徴とする請求項 9 に記載の表示装置の製造方法。

【請求項 11】

前記連続発振レーザ光が YVO_4 レーザの第二高調波であることを特徴とする請求項 7 ～ 10 の何れかに記載の表示装置の製造方法。

【請求項 12】

表示装置を構成する絶縁基板を載置して移動可能なステージ手段と、

前記ステージ手段の位置あるいは移動距離を検知する位置検出手段と、

連続発振レーザ光を発生するレーザ光源手段と、

前記レーザ光源手段から発生した連続発振レーザ光のオン／オフを行う変調手段と、

前記変調手段を通過した連続発振レーザ光を線状あるいは短冊状に成形する成形光学手段と、

前記線状あるいはあるいは短冊状に成形されたレーザ光を前記絶縁基板上に投

影・照射する集光光学手段とを有し、

前記位置検出手段が前記ステージ手段の一定距離の移動毎に発生する信号をカウントしてレーザ光照射を開始すべき位置に達した時点で前記変調手段で前記連続発振レーザ光をオン状態とし、前記位置検出手段から発生される信号をカウントしてレーザ光照射を停止すべき位置に達した時点で前記変調手段で前記連続発振レーザ光をオフ状態に制御する制御装置を有し、

前記ステージ手段を連続的に移動させた状態で、前記絶縁基板の複数の領域に前記連続発振レーザ光を照射することを特徴とする表示装置の製造装置。

【請求項 1 3】

表示装置を構成する絶縁基板を載置して移動可能なステージ手段と、

前記ステージ手段の位置あるいは移動距離を検知する位置検出手段と、

連続発振レーザ光を発生するレーザ光源手段と、

前記レーザ光源手段から発生した連続発振レーザ光のオン／オフを行う変調手段と、

前記変調手段を通過した連続発振レーザ光を線状あるいは短冊状に成形する成形光学手段と、

前記線状あるいはあるいは短冊状に成形されたレーザ光を前記絶縁基板上に投影・照射する集光光学手段とを有し、

前記位置検出手段が前記ステージ手段の一定距離の移動毎に発生する信号をカウントしてレーザ照射を開始すべき位置に達した時点で前記変調手段で前記連続発振レーザ光をオン状態とし、前記レーザ光照射を開始してから予め設定された時間が経過した時点で前記変調手段で前記連続発振レーザ光をオフ状態に制御する制御装置を有し、

前記ステージ手段を連続的に移動させた状態で、前記絶縁基板の複数の領域に前記連続発振レーザ光を照射することを特徴とする表示装置の製造装置。

【請求項 1 4】

前記変調手段が電気－光学モジュレータであることを特徴とする請求項 1 2 または 1 3 に記載の表示装置の製造装置。

【請求項 1 5】

前記絶縁基板が非晶質半導体膜あるいは粒状多結晶半導体膜が形成された絶縁基板であることを特徴とする請求項 1 2 ～ 1 4 の何れかに記載の表示装置の製造装置。

【請求項 1 6】

前記レーザ光源手段が Y V O₄ レーザの第二高調波であることを特徴とする請求項 1 2 ～ 1 5 の何れかに記載の表示装置の製造装置。

【請求項 1 7】

前記レーザ光源手段、前記変調手段、前記成形光学手段、および前記集光光学手段を複数組有し、前記ステージ手段上に載置された前記絶縁基板の複数箇所を同時にレーザ光照射する如く構成されたことを特徴とする請求項 1 2 ～ 1 6 の何れかに記載の表示装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パネル型の表示装置に係り、特に絶縁基板の一主面上に形成された非晶質または粒状多結晶半導体膜にレーザ光（以下、単にレーザとも言う）照射によるアニールで結晶粒を略帯状に拡大する改質を施して帯状多結晶半導体膜にアクティブ素子を作り込んだ絶縁基板を用いた表示装置とその製造方法および製造装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

この種の表示装置は、薄膜トランジスタや薄膜ダイオード等のアクティブ素子を形成する一方の絶縁基板（以下、アクティブ・マトリクス基板とも言い、薄膜トランジスタをアクティブ素子としたものでは薄膜トランジスタ基板とも言う）の表示領域の一方向に延在して並設された多数のデータ線（薄膜トランジスタではドレイン線）と、前記一方向と交差する他方向に延在して並設された多数の走査線（同じく、ゲート線）と、前記アクティブ・マトリクス基板上に形成された半導体膜として粒状多結晶シリコン膜（ポリシリコン膜）で作り込まれて前記データ線と前記走査線の交差部に配置されたアクティブ素子、および前記アクティ

ブ素子で駆動される画素電極を有する画素回路からなる画素をマトリクス状に配列して構成される。以下では、半導体膜をシリコン膜とし、アクティブ素子はその典型である薄膜トランジスタを用いたものを主として説明する。

【 0 0 0 3 】

現在、パネル型の表示装置では、アクティブ・マトリクス基板としてガラスや熔融石英などの絶縁基板上に半導体膜として非晶質シリコン膜（以下、アモルファスシリコン膜とも言う）や粒状多結晶シリコン膜（以下、単にポリシリコン膜とも言う）で薄膜トランジスタからなる画素回路を形成し、この画素回路の薄膜トランジスタのスイッチングにより画素を選択することで画像を形成している。各画素回路を構成する薄膜トランジスタは、アクティブ・マトリクス基板の周縁に搭載された駆動回路（以下、ドライバ回路または単にドライバとも称する）で駆動される。なお、上記の粒状多結晶シリコン膜は後述するような結晶粒が小径であるシリコン膜である。ここで言う結晶粒が小径であるとは、例えば薄膜トランジスタの能動層（活性層、あるいは活性領域）、所謂チャネルの幅内に多数のシリコン結晶の粒界が存在し、当該能動層を通過する電流がシリコン結晶の多数の粒界を必ず横切るような大きさを意味する。

【 0 0 0 4 】

この画素回路を構成する薄膜トランジスタを駆動する上記ドライバ回路を画素回路の薄膜トランジスタと同時に形成することが可能になれば、飛躍的な製造コスト低減および信頼性の向上が期待できる。しかし、薄膜トランジスタの能動層を形成する半導体層である従来のポリシリコン膜は結晶性が悪い（結晶粒の粒径が小さい）ため、電子またはホールの移動度に代表される動作性能（動作特性）が低く、高速・高機能が要求される回路の製作は困難である。この高速・高機能の回路を製作するためには、高移動度薄膜トランジスタを必要とするが、これを実現するためにはポリシリコン膜の結晶性を改善する必要がある。結晶性改善は、主として結晶粒の粒径の拡大、あるいは結晶を一方向のサイズが他方向のサイズより大きい概して帯状あるいは縞状を呈し、その大きさを拡大することを意味する。本明細書では、従来のポリシリコン膜と区別するため、上記改質されたシリコン膜を帯状多結晶シリコン膜と称することとする。

【 0 0 0 5 】

シリコン膜の結晶性改善の手法として、従来からエキシマレーザ等のレーザ光を用いたアニールが知られている。この方法は、熔融石英やガラスなどの絶縁基板（以下、単に基板とも称する）上に形成されたアモフファスシリコン膜に、例えばエキシマレーザを照射して、アモフファスシリコン膜をポリシリコン膜に変化させることで、移動度を改善するものである。しかしながら、エキシマレーザの照射により得られたポリシリコン膜は、その結晶粒径が数 1 0 0 n m 程度、移動度も $1 0 0 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 程度であり、液晶パネルを駆動するドライバ回路などに適用するには性能不足である。

【 0 0 0 6 】

この問題を解決する方法として、非特許文献 1 に記載されたように、連続発振レーザによるアニール技術が知られている。また、特許文献 1 には、パルスレーザ光のパルス幅を $1 \mu \text{ s} \sim 1 0 0 \text{ ms}$ とすることで、作製されたトランジスタのしきい値のばらつきを低減できる旨の記載がある。なお、レーザ光の照射によるシリコン膜の改質に関しては、特許文献 2 に記載がある。

【 0 0 0 7 】

【非特許文献 1】

F.Takeuchi et al “Performance of poly-Si TFTs fabricated by a Stable Scanning CW Laser Crystallization” AM-LCD’ 0 1 (TFT 4 - 3)

【特許文献 1】

特開平 7 - 3 3 5 5 4 7 号公報

【特許文献 2】

特開平 5 - 2 8 3 3 5 6 号公報

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

上記「非特許文献 1」に記載の従来技術では、ダイオード励起連続発振 YVO₄ レーザの第二高調波をガラス基板上に形成したアモフファスシリコン薄膜上を走査して結晶を成長させることで、 $5 0 0 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ を越える移動度を得ている。この程度の移動度を得られると、十分な性能のドライバ回路を形成すること

ができ、基板上に直接駆動回路を作り込む、所謂システムオンパネル（あるいはチップ・オン・ガラス：COG）実装が実現できる。

【0009】

しかしながら、上記「非特許文献1」に記載の従来技術では、連続発振レーザで基板上のドライバ回路を形成する領域全面を走査して照射するものであり、必要な部分のみに照射する点の考慮がなされていない。このため高移動度のトランジスタが形成される部分とその周辺を含めて広い領域に連続してレーザが照射されることになる。その結果、レーザ照射開始後、シリコン膜で吸収されたレーザは熱に変換されて徐々に基板に熱が蓄積され、シリコン膜が溶融して表面張力で凝集したり、基板への熱ダメージが発生する。これを解決するためには、必要な領域のみに選択的にレーザ光を照射すればよいが、レーザに対して高速で相対移動させている基板の特定箇所に照射するため、レーザの照射開始と照射停止を高精度に実現する手段は従来知られておらず、これが解決すべき課題の一つとなっていた。

【0010】

また、上記「特許文献1」には、パルスレーザ光のパルス幅を $1\ \mu\text{s} \sim 100\ \text{ms}$ とすることで、作製されたトランジスタのしきい値のばらつきを低減できる旨の記載はあるが、レーザに対して高速に相対移動される基板の特定位置にレーザ光を照射する方法については全く考慮されておらず、これもまた解決すべき課題の一つとなっていた。

【0011】

本発明は上記した従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、絶縁基板上の所望の位置のみに形成した安定かつ高品質な半導体膜（シリコン膜）に薄膜トランジスタ等のアクティブ素子を有するアクティブ・マトリクス基板で構成した表示装置を得ることにある。また本発明の第2の目的は、上記基板上の所望の位置のみに安定かつ高品質なシリコン膜を形成することができる表示装置の製造方法を提供することにある。そして、本発明の第3の目的は、上記製造方法を実現するための製造装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記第1の目的を達成するために、本発明の表示装置を構成する絶縁基板（アクティブ・マトリクス基板）は、当該絶縁基板上の少なくとも表示領域の一方向に延在して並設された多数のデータ線と、前記一方向と交差する他方向に延在して並設された多数の走査線を備える。この絶縁基板上のデータ線と走査線の交差部分に薄膜トランジスタ等のアクティブ素子（以下、薄膜トランジスタと言う）が構成される画素回路を備える。薄膜トランジスタは絶縁基板上に有する前記した結晶性を持つ帯状多結晶シリコン膜で作り込まれ、表示領域内にマトリクス状に配置される。各画素はこの薄膜トランジスタで駆動される画素電極を有する画素回路で構成される。

【0013】

この表示領域の外側で上記絶縁基板の1辺に、複数箇所に分割して駆動回路（以下、ドライバ回路とも言う）を形成する。このドライバ回路を構成する薄膜トランジスタの能動層（活性領域）は、線状あるいは長手方向の辺が短手方向の辺に対して極めて大きい矩形状（帯状）に集光された連続発振レーザ光を、その長手方向と交差する方向で一定方向に走査させることによる改質を施すことで得られ、電流の流れる方向を横切る結晶粒界を持たない結晶を含むポリシリコン膜すなわち帯状多結晶シリコン膜からなる。この薄膜トランジスタ基板を用いて表示装置を構成する。

【0014】

上記第2の目的を達成するために、上記薄膜トランジスタ基板で構成される表示装置の製造方法は、電気-光学モジュレータ（以下、EOモジュレータと称する）を使用して連続発振レーザ光を必要なタイミングで切り出し、前記した線状あるいは矩形状に成形し、これをガラス等の絶縁基板の一主面の全面に形成されたアモフファスシリコン膜あるいは微細結晶からなるポリシリコン薄膜のうち、表示領域の外側に配置されるドライバ回路を構成する薄膜トランジスタ部分とその近傍を含む所要の部分のみにレーザ光を照射する。

【0015】

薄膜トランジスタ基板はレーザ光に対して相対的に移動するステージ上にその

一主面を上にして載置され、薄膜トランジスタ基板の上記所要の部分にレーザ光を照射して走査することにより改質を行う。この走査はステージの移動に伴って当該ステージの位置を検出するためのリニアスケールなどから発生するパルス信号をカウントし、薄膜トランジスタを形成すべき位置に達した時点でレーザ光の照射を開始する。更に、上記パルス信号をカウントしてレーザ光を照射する領域を通過した時点でレーザ光の照射を停止する。これをステージを移動させた状態で連続して行う。

【0016】

本発明によれば、ステージを連続して移動させたまま、連続発振レーザ光をオン／オフすることで必要な部分のみにレーザ光を照射することができ、レーザ照射の不要な部分にはレーザ光が照射されることはないので、シリコン膜の溶融・凝集が生じたり、薄膜トランジスタ基板としてのガラス基板等への熱ダメージの発生を防ぐことができる。また、レーザ光の照射の開始と停止はステージの位置で制御されるため、ステージの移動速度に変動があっても、高精度の照射開始・停止位置が確保される。

【0017】

なお、レーザ光を正確に照射するための技術として「特許文献2」に、レーザ照射位置がレーザ照射部に対応したときにレーザパルスを発光させる構成が開示されているが、本発明が採用しているようにステージを移動させたまま、特定の位置で連続発振レーザ光の照射を開始して、一定時間（一定距離）照射した後に照射を停止するような制御に関しては考慮されていない。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、実施例の図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明による表示装置を製造するための製造方法を実施する製造装置の一実施例を模式的に説明する構成図である。ここでは、薄膜トランジスタ基板となる絶縁基板としてガラス基板を用いる。ガラス基板1は一方向（X）とこの一方向に直交する他方向（Y）に移動可能で、面方向（ θ ）を調整可能なXY θ ステージ（以下、単にステージと称する）2上に載置されている。防振機構を備え

た定盤（図示せず）上に固定されたステージ 2 にはそれぞれ X 方向及び Y 方向の位置座標を検出するためのリニアスケール（またはリニアエンコーダとも称する）3、4 が付加されている。

【0019】

シリコン膜の改質を行うためのレーザ光照射系（アニール光学系）は連続発振レーザ光 18 を発振するレーザ発振器 6、レーザ光 18 が不用意に照射されるのを防ぐためのシャッタ 7、レーザ光 18 のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ 8、レーザ光 18 の出力（エネルギー）を調整するための透過率可変フィルタ 9、レーザ光 18 の ON/OFF および必要に応じて時間的な変調を行うための EO（電気-光学）モジュレータ 10 とその電源（ドライバ）21、レーザ光 18 を一方向に圧縮して線状ビームに変換するビーム成形光学系 11、線状に成形されたレーザ光 18 の必要部分のみを切り出すための電動矩形スリット 12、電動矩形スリット 12 を透過したレーザ光 18 をガラス基板 1 上に投影するための対物レンズ 13、レーザ光 18 の照射位置・形状を確認するためのスリット参照光源 14、ガラス基板表面を照明するための落射照明光源 15、ガラス基板面の観察あるいは必要に応じてアライメント時にアライメントマークを撮像するための CCD カメラ 16 を備える。また、シャッタ 7 の開閉や透過率可変フィルタ 9 の透過率調整、EO モジュレータ電源（ドライバ）21 の制御、電動矩形スリット 12 の制御、ステージ 2 の制御、リニアスケール 3、4 からの信号処理、CCD カメラ 16 で撮像した画像の処理等を行うための制御装置 22 を有する。尚、図 1 には電氣的な接続として、リニアスケール（リニアエンコーダ）3、4 と制御装置 22 と EO モジュレータ 10 と電源（ドライバ）21 の関係のみを示してある。

【0020】

レーザ発振器 6 には紫外あるいは可視波長の連続発振光を発生するものが用いられ、特に出力の大きさ、安定性等からレーザダイオード励起 YVO₄ レーザの第二高調波が最適である。しかし、これに限定されることなく、アルゴンレーザ、YAG レーザの高調波等を使用することが可能である。シャッタ 7 はガラス基板 1 の搬送中・位置決め中などに、不用意にレーザ光 18 が照射されないように

設置するもので、レーザアニール時のレーザ光 18 のオン／オフに使用するものではない。ビームエキスパンダ 8 は光学素子、特に E O モジュレータ 10 を構成するポッケルスセルなどの結晶にダメージが発生するのを防止するためにビーム径を拡大するものであるが、高エネルギー密度に耐えるポッケルスセルを使用する場合には、特に使用しなくても良い。

【0021】

レーザ発振器 6 で発振された連続発振レーザ光 18 はシャッタ 7 が開の状態では通過し、ビームエキスパンダ 8 でビーム径を拡大され、E O モジュレータ 10 に入射される。この時、E O モジュレータ 10 の耐パワー性を考慮して、E O モジュレータ 10 の有効径に近い大きさまで、ビームエキスパンダ 8 でビーム径を拡大する。レーザ発振器 6 から発振されたレーザ光 18 のビーム径がおよそ 2 mm で、有効径 15 mm の E O モジュレータ 10 を使用する場合、ビームエキスパンダ 8 の拡大率は 3 ～ 5 倍程度が適している。ビームエキスパンダ 8 でビーム径を拡大されたレーザ光 18 は E O モジュレータ 10 に入射する。

【0022】

図 2 は図 1 における E O モジュレータの機能を説明する斜視図である。また、図 3 は図 1 における E O モジュレータの機能を説明する斜視図である。ここでの E O モジュレータ 10 は、図 2 及び図 3 に示すように、ポッケルスセル 61（以下、結晶とも称する）と偏光ビームスプリッタ 62 の組み合わせからなる。レーザ光 18 が直線偏光の場合、図 2 に示すように E O モジュレータ電源（図示せず）を介して結晶 61 に電圧 V1（通常は電圧 0 V）を印加することにより、結晶 61 を透過するレーザ光 18 の偏光方向は回転せずにそのまま保存され、偏光ビームスプリッタ 62 に S 偏光として入射して、90 度偏向されるように設定する。即ちこの状態では、レーザ光 18 は 90 度偏向して出力してしまうため以後の光学系には入射せず、ガラス基板 1 上では、レーザ光 18 はオフ状態となる。

【0023】

また、図 3 に示すように、結晶 61 を透過するレーザ光 18 の偏光方向を 90 度回転させることのできる電圧 V2 を印加することにより、結晶 61 を透過するレーザ光 18 の偏光方向は 90 度回転し、偏光ビームスプリッタ 62 に P 偏光と

して入射する。この時、レーザ光 18 は偏光ビームスプリッタ 62 を透過・直進する。即ち、この状態では、レーザ光 18 は直進して以後の光学系に入射するので、ガラス基板 1 上では、レーザ光 18 はオン状態となる。

【0024】

図 4 は E O モジュレータにおける印加電圧と透過率の関係を示すグラフ図である。図 4 に示された結晶 61 に印加する電圧と E O モジュレータ 6 を透過するレーザ光 18 の透過率 T_1 の関係から分かるように、結晶 61 に印加する電圧を V_1 (通常は 0 V) と V_2 の間で変化させることにより、E O モジュレータ 6 を透過するレーザ光 18 の透過率を T_1 (通常は 0) と T_2 (ここでは最大透過率、即ち 1) の間で任意に設定することができる。即ち、E O モジュレータ 6 を透過するレーザ光 18 の透過率を 0 から 1 の間で任意に設定することができる。ただし、ここでは結晶 61 や偏光ビームスプリッタ 62 表面での反射や吸収はないものとして考えている。

【0025】

図 5 は E O モジュレータにおけるレーザ入力と印加電圧とレーザ出力の関係を示すグラフ図である。図 3 および図 4 で説明したことから、図 5 に示すように、E O モジュレータ 10 に入射するレーザ光 18 の出力 (E O モジュレータ 10 への入力) P_0 を一定とし、結晶 61 への印加電圧を V_1 , V_2 , V_3 , V_1 と変化させることにより、E O モジュレータ 10 からのレーザ出力として、出力 P_2 , P_3 の階段状のパルス出力が得られる。ここで、出力 P_2 は E O モジュレータ 10 への入力 P_0 と電圧 V_2 を印加したときの透過率 T_2 との積で求められ、出力 P_3 は入力 P_0 と電圧 V_3 を印加したときの透過率 T_3 との積で求められる。当然、結晶 61 に印加する電圧を連続的に変化させることにより、透過するレーザ光 2 の出力を連続的に変化させることができ、結果的に任意の時間変化を有するパルスレーザ光 2 を得ることができることになる。

【0026】

ここでは、E O モジュレータ 10 として、ポッケルス・セル 61 と偏光ビームスプリッタ 62 を組み合わせることで説明したが、偏光ビームスプリッタ 62 の代わりに各種偏光板を用いることができる。尚、以後の説明では結晶 61 と偏光

ビームスプリッタ 6 2（または偏光板）の組み合わせを E O モジュレータ 1 0 と称する。

【 0 0 2 7 】

また、E O モジュレータ 1 0 の他に、A O（音響－光学）モジュレータを使用することができる。ただし、一般的に A O モジュレータは E O モジュレータと比較して、駆動周波数が低いため、高速の立ち上がり・立ち下がりが必要な場合や、パルス幅の小さいパルス光を切り出すには適さない場合もある。このように E O モジュレータ 1 0 あるいは A O モジュレータなどの変調器を用いることにより、レーザ発振器からは常に連続発振レーザ光を出力した状態で、被照射部に対して任意の照射開始点で照射を開始し、任意の照射終了点で照射を終了することができる。

【 0 0 2 8 】

E O モジュレータ 1 0 により O オン態になったレーザ光 1 8 はビーム成型光学系 1 1 で所望形状のビームに成形する。通常、ガスレーザ発振器や固体レーザ発振器からの出力ビームは、円形でガウス形のエネルギー分布を持っているため、そのままでは本発明のレーザアニールに使用することはできない。発振器出力が十分に大きければ、ビーム径を十分に広げ、中心部分の比較的均一な部分から必要な形状に切り出すことで、ほぼ均一なエネルギー分布の任意の形状を得ることができるが、ビームの周辺部分を捨てることになり、エネルギーの大部分が無駄になる。この欠点を解決して、ガウス形の分布を均一な分布に変換するために、必要に応じてビームホモジナイザを用いる。あるいは、レーザ光 1 8 をシリンダリカルレンズにより 1 方向のみ集光することで、電動矩形開口スリット 1 2 面で線状ビームを得ることができる。尚、図 1 ではビーム成型光学系 1 1 として、シリンダリカルレンズのみを示してある。

【 0 0 2 9 】

図 1 に戻って本発明による製造装置の動作を説明する。シリンダリカルレンズ 1 1 で線状に集光されたレーザ光 1 8 は電動矩形開口スリット 1 2 で周辺の不要な部分光を切り落とされて所望の矩形形状（巨視的には線状とも言える）に成形され、対物レンズ 1 3 でガラス基板 1 上に縮小投影される。シリンダリカルレン

ズ 1 1 で線状に集光した場合、長手方向のエネルギー分布はガウス形のままであり、両端が低くなっている。そこで、通常は、アニールに適さない低エネルギー密度部分を電動矩形開口スリット 1 2 で切り落とす。これにより、線状に集光したレーザー光をその幅方向に走査することにより、走査部全体を良好にアニール処理することができる。なお、対物レンズ 1 3 の倍率を M とすると、電動矩形開口スリット 1 2 の像、あるいは電動矩形スリット 1 2 面を通過したレーザー光 1 8 の大きさは倍率の逆数、即ち $1/M$ の大きさで投影される。

【 0 0 3 0 】

ガラス基板 1 にレーザー光 1 8 を照射するに当たって、ステージ 2 を XY 平面内で移動しながら所望の位置にレーザー光 1 8 をパルス的に照射するが、ガラス基板 1 表面の凹凸、うねりなどによる焦点外れが起きると、集光されたレーザー光 1 8 のパワー密度変動、照射形状の劣化が起き、所期の目的を達成することができない。このため、常に焦点位置で照射できるように、自動焦点光学系（図示せず）により焦点位置を検出し、焦点位置から外れた場合にはステージ 2 を Z 方向（高さ方向）駆動するか、あるいは光学系を Z 方向（高さ方向）駆動して、常に焦点位置（電動矩形開口スリット 1 2 面の投影位置）とガラス基板 1 表面が一致するように制御する。

【 0 0 3 1 】

レーザー光 1 8 が照射されるガラス基板 1 の表面を落射照明光源 1 5 からの照明光で照明することができる。これを CCD カメラ 1 6 で撮像することで、ガラス基板 1 の表面をモニタ（図示せず）により観察する。レーザー照射中にガラス基板 1 の表面を観察する場合には、 CCD カメラ 1 6 の手前にレーザーカットフィルタを挿入して、ガラス基板 1 表面で反射したレーザー光で CCD カメラ 1 6 がハレーションを起こして観察できなくなったり、極端な場合にはダメージを受けるのを防止する。

【 0 0 3 2 】

ステージ 2 に載置されたガラス基板 1 のアライメントは、対物レンズ 1 3、 CCD カメラ 1 6 でガラス基板 1 に形成してあるアライメントマークあるいはガラス基板角部あるいは特定のパターンを複数箇所撮像し、それぞれ制御装置 2 2 に

より必要に応じて 2 値化処理、パターンマッチング処理などの画像処理を行って、それらの位置座標を算出し、ステージ 2 を駆動することで、 $XY\theta$ の 3 軸に対して行うことができる。

【0 0 3 3】

図 1 には対物レンズ 1 3 は 1 個で表現してあるが、電動レボルバに複数の対物レンズを装着させておき、制御装置 2 2 からの信号により適宜切り替え、処理内容に応じて最適な対物レンズを使い分けることができる。即ち、ステージ 2 にガラス基板 1 を載置した時のアライメント、必要に応じて行う精アライメント、レーザアニール処理、処理後の観察、更には後で述べるアライメントマーク形成等に、それぞれ最適な対物レンズを使用することができる。アライメントは専用の光学系（レンズ、撮像装置および照明装置）を設けて行うことは可能であるが、レーザアニールを行う光学系をアライメント光学系と共用することで、同一光軸での検出が可能になり、アライメント精度が向上する。

【0 0 3 4】

次に、前記した本発明の製造装置を用いて実施する本発明による表示装置の製造方法すなわちレーザアニール方法の 1 実施例について説明する。ここで、アニール対象とするガラス基板 1 は、厚さ 0. 3 mm ~ 1. 0 mm 程度のガラス基板の一主面に絶縁体薄膜を介して膜厚 4 0 nm ~ 1 5 0 nm のアモルファスシリコン膜（非晶質シリコン膜）を形成し、これをエキシマレーザ光で全面走査することでポリシリコン膜（多結晶シリコン膜）に結晶化させたものである。以降、これを単にガラス基板 1 と称する場合もある。ここで、絶縁体薄膜とは膜厚 5 0 nm ~ 2 0 0 nm の SiO_2 あるいは SiN あるいはそれらの複合膜である。

【0 0 3 5】

図 6 は本発明による製造方法の 1 実施例であるレーザアニール方法の対象となるガラス基板を説明する平面図であり、要部の拡大図と共に示してある。エキシマレーザでアニールし、ポリシリコン膜が形成されたガラス基板 1 を図 1 のステージ 2 上に載置する。このガラス基板 1 は図 6 に示すように、画素部である表示領域 1 0 1 とドライバ回路部 1 0 2、1 0 2' から構成され、外縁部にアライメントマーク 1 0 3、1 0 3' が少なくとも 2 箇所形成されている。これらアラ

イメントマーク 103, 103' はフォトエッチング技術で形成しても良いが、この目的だけでフォトレジスト工程を実施するのは無駄が多い。このためレーザアニールに使用するレーザ光 18 を、シリンドリカルレンズ 11 の回転と電動矩形スリット 12 で、例えば縦長と横長の矩形に、順次成形して多結晶シリコン薄膜を除去加工することで十字マークを形成し、アライメントマーク 103、103' とすることができる。あるいは、インクジェット手段等によりドット状のアライメントマークを形成しても良い。これらの場合、予め、ガラス基板 1 の角部等でプリアライメントを行っておく必要がある。

【0036】

アライメントマーク 103, 103' 位置を検出し、XY θ (X軸、Y軸、 θ 軸) について位置補正をした後、設計上の座標に従って、図 6 に矢印で示す方向に光学系を、あるいは逆方向にステージ 2 を移動させて相対的に走査させながら、EO モジュレータ 10 により ON 状態になったレーザ光 18 を対物レンズ 13 により集光照射する。レーザ光 18 を照射する領域は、例えば各画素を駆動するためのドライバ回路を形成する部分 102、102' であり、より厳密には、駆動部薄膜トランジスタの形成領域 (図 6 の拡大図で、104、105、106、107、108、109、110 で示した部分、以後アニール領域とも称する。) である。必要に応じてガラス基板 1 を相対的に複数回数往復させながら順次照射する。装置の構成によっては、光学系を移動することで、相対的に走査しても良い。

【0037】

図 16 は本発明によるレーザアニールを実施するに好適なレーザ光の集光状態を説明する斜視図である。アニール領域 104 ~ 110 の各々の大きさは、例えば $4\text{ mm} \times 100\text{ }\mu\text{ m}$ で、この矩形領域が $250\text{ }\mu\text{ m}$ ピッチで設定されている。一方、照射するレーザビームの大きさは $500\text{ }\mu\text{ m} \times 10\text{ }\mu\text{ m}$ である。即ち、レーザビームは図 16 に示すように長手方向が $500\text{ }\mu\text{ m}$ 、幅方向が $10\text{ }\mu\text{ m}$ の矩形 (帯状) に成形されている。この時照射されるレーザ光のエネルギー密度は $100 \times 10^3\text{ W/cm}^2 \sim 500 \times 10^3\text{ W/cm}^2$ 程度が適しているが、レーザ光の走査速度、シリコン膜の膜厚、非晶質か多結晶か等によって最適値は変化

する。出力 10 W のレーザー発振器を使用した場合、1 回の走査でアニール可能な領域の幅が $500\ \mu\text{m}$ であるため、必要な幅 (4 mm) をアニールするためには 8 回の片道走査、あるいは 4 往復走査で照射する必要がある。アニール可能な領域の幅はレーザー発振器 6 の出力で決まり、発振器 6 の出力が十分に大きければ、より大きな領域に照射することができ、走査回数を減らすことができる。あるいは照射するビームの形状をより小さな集光幅にすることでも、長手方向を大きくすることができる。

【0038】

図 17 は本発明のレーザーアニールを行う際のレーザー照射領域を説明する斜視図である。ガラス基板 1 を $500\ \text{mm/s}$ の速度で相対的に移動させながら $250\ \mu\text{m}$ ピッチで、図 17 に示した要領で $100\ \mu\text{m}$ 長さだけ照射する。即ち照射開始位置でレーザー光の照射を開始し、レーザー光の照射を持続したままステージ 2 を相対的に $100\ \mu\text{m}$ 移動させ、照射終了位置でレーザー光の照射を停止する。次に、ステージが $250\ \mu\text{m}$ 移動した地点で、再び照射開始と照射停止を行い、これを必要回数だけ繰り返す。その間、ステージ 2 は停止することなく、一定速度で連続的に移動を継続する。これにより、概ね $500\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ のアニール領域 (照射するレーザーの幅を考慮すると、より厳密には $500\ \mu\text{m} \times 110\ \mu\text{m}$ のアニール領域) が $250\ \mu\text{m}$ ピッチで形成されることになり、後で詳細に説明するが、レーザー光を走査した方向に結晶粒が成長する。

【0039】

図 7 は本発明による製造方法を説明するタイミング図であり、ステージ 2 の移動とレーザー光を照射するタイミングを示す。カウンタ C1 ~ C4 は制御装置 22 に有するが図示は省略した。ここでは、ガラス基板 1 を相対的に走査させながら EO モジュレータ 10 でレーザー光 18 をオン/オフして照射する手順について説明する。図 6 の矢印で示したように、X 方向に走査しながら $250\ \mu\text{m}$ ピッチで距離 $100\ \mu\text{m}$ だけ 1024 箇所を照射するものとする。ステージ 2 の X 軸に付加したリニアスケール (リニアエンコーダ) 3 は、ステージ 2 が X 方向へ一定距離を移動する度に 1 パルスのパルス信号を発生する。発生する信号が正弦波の場合には矩形波に変換して使用しても良い。このパルス信号をカウントす

ることで、ステージ 2 の位置を検出することができる。リニアスケール 3 で発生するパルス信号は、高精度のリニアスケール 3 では、例えば移動量 0. 1 ミクロン毎に 1 パルス発生する。パルス間隔が大きい場合には、電氣的に分割して、小さなパルス間隔にすることも可能である。

【 0 0 4 0 】

ステージ 2 は停止状態から一定速度に達するまでに、一定の距離（加速領域）を必要とする。レーザ照射時のステージ速度を 5 0 0 mm / s とすると、5 0 mm 程度の加速領域が必要であり、照射開始位置（図 6 におけるアニール領域 1 0 4 の左辺）より、加速領域として 5 0 mm 以上、例えば 6 0 mm だけ左側の位置（図 7 における X s）に位置決めし、停止する。

【 0 0 4 1 】

ここで、制御装置 2 2 の指令により、リニアスケール 3 からのパルス信号をカウントするカウンタ回路 C 1（カウンタ 1）はカウント数を一度クリアしてからカウントを開始するとともに、ステージ 2 の駆動を開始する。カウンタ回路 C 1 はステージ 2 の移動に従って発生するパルス信号をカウントし、ステージ 2 が最初の照射開始位置 X 1 に到達した時点、即ち 6 0 mm 移動に相当するパルス数 n 1（6 0 0 0 0 0 パルス）をカウントした時点でゲートオン信号（ゲート ON）を出力する。この信号により、E O モジュレータ電源 2 1 へのゲートが開き、E O モジュレータ電源 2 1 への信号が伝達可能となる。この時点では、ステージ速度は加速を終え、一定速度に達している。

【 0 0 4 2 】

このゲートオン信号を受けて、カウンタ回路 C 3（カウンタ 3）が E O モジュレータ電源 2 1 のオン信号（E O M ON）を出力するとともにカウント数をクリアしてカウントを開始し、以降、照射ピッチに相当するパルス数 n 3（2 5 0 0 パルス）をカウントする度に、E O モジュレータ電源 2 1 にオン信号を出力する。図 7 では E O モジュレータへの印加電圧 E O M として示す。

【 0 0 4 3 】

一方、カウンタ回路 C 4（カウンタ 4）は E O モジュレータ電源 2 1 へのオン信号を受けて、カウント数をクリアするとともにカウントを開始し、アニール領

域長さ 1 0 0 ミクロンに相当するパルス数 n_4 (1 0 0 0 パルス) をカウントした時点で、E O モジュレータ電源 2 1 にオフ信号 (E O M O F F) を出力する。この動作を、カウンタ回路 C 3 が E O モジュレータ電源 2 1 O N 信号を発生する度に繰り返す。

【 0 0 4 4 】

E O モジュレータ電源 2 1 は E O モジュレータ電源オン信号を受けてから E O モジュレータ電源 O F F 信号を受けるまでの時間 (ステージ速度 5 0 0 mm / s で 1 0 0 ミクロンの距離を通過する時間 : 2 0 0 マイクロ秒)、ポッケルスセル 6 1 にレーザ光 1 8 の偏光方向が 9 0 度回転する電圧を印加する。これにより、ポッケルスセル 6 1 に電圧が印加される時間と同じ時間だけ、レーザ光 1 8 は E O モジュレータ 1 0 を通過して、基板 1 上に照射される。

【 0 0 4 5 】

一方、カウンタ回路 C 2 (カウンタ 2) はカウンタ回路 C 1 からのゲートオン信号を受けてカウント数をクリアするとともに、カウンタ回路 C 4 から出力する E O モジュレータ電源オフ信号をカウントし、アニール領域数に相当するパルス数 n_2 (1 0 2 4 パルス) をカウントした時点で、ゲートを閉じる。これにより、E O モジュレータ電源 2 1 は E O モジュレータ電源オン信号や E O モジュレータ電源オフ信号を受けることがなくなり、E O モジュレータ電源 2 1 は動作を停止する。

【 0 0 4 6 】

以上の手順により、図 6 に示したドライバ回路領域 1 0 2 の 1 回目のレーザアニールが終了するが、実際にはドライバ回路領域が数ミリ幅であり、1 回の走査で全体をアニールできない。そのため、一定ピッチ (本実施例の場合には 5 0 0 ミクロン) だけ Y 方向に移動して、上に述べた手順を繰り返す。これにより、ステージ速度の変動の影響を全く受けずに、ステージ 2 を継続的に移動させた状態で、高精度にレーザ光 1 8 を照射することができる。ただし、走査を繰り返す場合、走査方向に平行にアニールの重なる部分、あるいはレーザが照射されない部分が発生する場合があります、そのような部分では結晶の成長が乱されるため、走査部と走査部のつながる部分にはトランジスタを形成しないようにレイアウト設計

を考慮することが望ましい。

【0047】

ここで、レーザ光18が照射された場合の、多結晶シリコン薄膜の挙動を説明する。前述したように、本実施例では、ガラス基板1上にエキシマレーザでアニール（すなわち、改質）された多結晶シリコン薄膜が形成された基板をアニール対象に用いている。

【0048】

図8は本発明による製造方法の1実施例におけるレーザアニール方法を実施する前の結晶状態を示す平面図、図9はレーザアニール方法を実施した後の結晶状態を示す平面図、図10はレーザアニール方法を実施した領域とドライバ回路活性領域の位置関係を示す基板の平面図である。エキシマレーザによるアニールで得られた多結晶シリコン薄膜は、図8に示すように結晶粒径が1ミクロン以下（数100nm）の微細な結晶粒120、121の集合体である。図中に示した領域にレーザ光を照射すると、レーザ照射領域外の微細結晶粒120はそのまま残るが、レーザ照射領域内の微細結晶粒（例えば結晶粒121）は熔融する。その後、レーザ照射領域が通過することにより急速に凝固・再結晶する。この時、熔融したシリコンは熔融部周辺に残留している結晶粒を種結晶として、種結晶の結晶方位になった結晶が温度勾配に従ってレーザ光の走査方向に成長して行く。この時、結晶粒の成長速度は結晶方位によって異なるため、最終的には最も成長速度の早い結晶方位を持つ結晶粒だけが結晶成長を続ける。

【0049】

すなわち、図9に示すように、成長速度の遅い結晶方位をもつ結晶粒122は、周囲の成長速度の早い結晶方位をもつ結晶粒124、126の成長に抑えられ、結晶成長が止まる。また、成長速度が中程度の結晶方位を持つ結晶粒123、124は成長を続けるが、さらに成長速度の大きい結晶粒125、126の成長に抑えられ、やがて成長が停止する。最終的には成長速度の最も大きな結晶方位を持つ結晶粒125、126、127のみが成長を続ける。これら、最後まで結晶成長が続いた結晶粒125、126、127は、厳密な意味では独立した結晶粒であるが、ほとんど同じ結晶方位を有しており、熔融再結晶した部分は実効的

にほぼ単結晶と見なすことができる。レーザ光を、上記したように多結晶シリコン薄膜に照射することにより、レーザ光を照射した部分のみが島状にアニールされ、特定の結晶方位を有する結晶粒のみが成長して、厳密な意味では多結晶状態であるが、ほぼ単結晶に近い性質を有する領域 125 ~ 127 が形成されたことになる。特に、結晶粒界を横切らない方向、即ちレーザ光の走査方向においては、実質的に単結晶と考えて良い。このように結晶したシリコン膜を本発明では帯状多結晶シリコン膜と称するのである。

【0050】

ガラス基板 1 を相対的に走査しながら上記手順を繰り返し、順次アニールの必要な部分にレーザ光を照射することにより、ドライバ回路部の薄膜トランジスタ（駆動部薄膜トランジスタ）を形成する領域をすべて、ほぼ単結晶に近い性質を有する帯状多結晶シリコン膜の領域に変換することができる。更に、単結晶に近い性質を有する領域は図 9 に示したように、結晶粒が一定方向に成長しているため、トランジスタを形成した際に、電流が流れる方向と結晶粒の成長方向を一致させることにより、結晶粒界を横切るように方向に電流が流れるのを避けることができる。

【0051】

図 11 は本発明によるレーザアニール方法を実施して形成された駆動部薄膜トランジスタの構成を示す基板の平面図である。すなわち、図 10 に示すようにレーザ照射領域 301 のうち、成長速度の早い結晶粒のみで構成された部分がドライバ回路部トランジスタの能動層（活性領域）302、303 となるように位置合わせすればよい。不純物拡散工程およびフォトエッチング工程を経て、活性領域 302、303 以外を除去し、図 11 に示すようにフォトレジスト工程により、ゲート絶縁膜を介したゲート電極 305、オーミックな接続を有するソース電極 306 およびドレイン電極 306 を形成して薄膜トランジスタが完成する。ここで、活性領域 303 には結晶粒界 304、304' が存在するが、電流はソース電極 306 とドレイン電極 307 の間を流れるため、電流が結晶粒界 304、304' を横切ることがなく、実質的に単結晶で構成された場合と等価な移動度を得られる。

【 0 0 5 2 】

上記したように本発明のレーザアニールにより熔融再結晶した部分は、電流の流れる方向と結晶粒界の方向を一致させて、電流が結晶粒界を横切ることがないようにすることで、その移動度はエキシマレーザによるアニールを行っただけの多結晶シリコン薄膜と比較して2倍以上、具体的には $350 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上に改善することができる。この移動度は、液晶を高速に駆動するためのドライバ回路を構成するに十分な値である。

【 0 0 5 3 】

一方、画素部のスイッチング用トランジスタ（画素部薄膜トランジスタ）はエキシマレーザによるアニールを実施しただけの多結晶シリコン薄膜 1 0 3 の領域で形成する。エキシマレーザによるアニールで得られた多結晶膜は結晶粒が微細で結晶方向もランダムなため、本発明のレーザアニールで得られた結晶粒に比べて移動度は小さいが、画素部薄膜トランジスタであるスイッチング用薄膜トランジスタとして使用するには十分である。場合によっては、この画素部薄膜トランジスタとして非晶質シリコン膜でも十分に使える。この場合、ガラス基板 1 上に非晶質シリコン薄膜を形成し、エキシマレーザによるアニールを実施することなく、ドライバ回路を形成する部分に本発明のレーザアニール方法を実施すればよい。この場合、最初にレーザ光 1 8 が照射されて熔融したシリコンが凝固する過程で微細な多結晶状態になり、この時に形成された結晶粒が種結晶となって、エキシマレーザ照射により形成された多結晶状態のシリコン膜にレーザ光 1 8 を照射した場合と同様に、種々の結晶方位を有する結晶が成長するが、最終的には成長速度の最も速い方向の結晶粒のみが成長を続け、実質的に単結晶といえる多結晶シリコン薄膜が形成できる。

【 0 0 5 4 】

図 6 に示すドライバ回路領域 1 0 2 に対するレーザアニールが終了した後、ドライバ回路領域 1 0 2 ' をアニールすることになるが、この場合は基板を 9 0 度回転させても良いし、走査方向を 9 0 度変更しても良い。後者の場合、ビーム成型器（図 1 に於いてはシリンドリカルレンズ 1 1）を 9 0 度回転させ、また矩形スリットの幅方向と長さ方向を切り換える必要がある。なお、図 6 に示すドライ

バ回路領域 102 は、通常はデータ駆動回路領域（薄膜トランジスタをアクティブ素子とした場合はドレインドライバなどと称する）であり、ドライバ回路領域 102' は走査駆動回路領域（薄膜トランジスタをアクティブ素子とした場合はゲートドライバなどと称する）である。

【0055】

ただし、図 6 に示したガラス基板 1 において、ドライバ回路領域 102、102' のうちの一方、例えばドライバ回路領域 102 に高速な動作を必要とするトランジスタをまとめることができれば、ドライバ回路領域 102 のみに本発明のレーザアニールを実施するだけで良い。即ち、ドライバ回路領域 102 に形成されるトランジスタの能動層（活性領域）は電流が流れる方向に結晶粒界を持たない結晶粒を含む多結晶シリコンで構成され、高速に動作するトランジスタが得られる。一方、ドライバ回路領域 102' にはそれほど高速動作を必要としない薄膜トランジスタを形成するため、トランジスタの能動層（活性領域）はエキシマレーザでアニールされただけの微細結晶粒からなる多結晶シリコン膜で構成される。この場合には、基板の回転あるいは走査方向と線状ビームの方向を回転させる必要がなくなり、しかもアニールすべき領域も小さくすることができるため、スループット向上の効果が大きい。

【0056】

図 18 は本発明による製造方法の他の実施例を説明する絶縁基板の平面図である。本実施例では、レーザアニール方法の対象となるドライバ回路領域を絶縁基板（ガラス基板）の 1 辺にまとめている。図 18 に示すように、ガラス基板 1 上に形成されるドライバ回路領域 602 を画素領域 601 の外側の 1 辺にまとめることができれば、駆動部薄膜トランジスタ全ての能動層（活性領域）が電流の流れる方向に結晶粒界を持たない結晶粒を含む多結晶シリコンで構成され、高速に動作する駆動部薄膜トランジスタが得られる。さらに、基板の回転あるいは走査方向と線状ビームの方向を回転させる必要がなくなり、スループット向上の面からも好ましい。ただし、複数のアライメントマーク、例えば図に示したアライメントマーク 603、603' が必要なことは言うまでもない。

【0057】

なお、本実施例の説明に於いて、ステージの位置あるいは移動量を検出するために、ステージに設置されたりニアスケール（リニアエンコーダ）からの信号をカウントすることで説明したが、これに限定されるものではなく、ステージの位置を検出するために、レーザ光干渉を用いた測長器、ステージを駆動するモータ軸に設置したロータリエンコーダ等からの出力信号を用いることができる。上記した本発明による帯状多結晶シリコン膜への改質手順を含めた薄膜トランジスタ基板（アクティブ・マトリクス基板）の製造工程は図 2 2 及び図 2 3 に示すフローチャートにまとめることができる。

【0058】

図 2 2 は本発明による製造方法を適用した表示装置の製造工程を説明する流れ図である。ここでは、液晶表示装置を製造する工程を例としてある。また、図 2 3 は図 2 2 における本発明のアニール工程の部分を説明する流れ図である。各工程は P- \times で示す。図 2 2 に示すように、基板上に絶縁膜形成し（P-1）、a-Si（非晶質シリコン）膜形成を行い（P-2）、エキシマレーザアニール（P-3）を行った後にドライバ回路を構成するトランジスタの能動層部分とその周辺のみ本発明のレーザアニール（P-4）を行う。本発明のレーザアニール工程（P-4）の詳細を図 2 3 に示した。

【0059】

図 2 3 において、エキシマレーザアニール（P-3）を施した基板（ガラス基板）を本発明の図 1 で説明した製造装置（レーザアニール装置）のステージ 2 に搭載し（P-4 1）、基板の端面あるいは角部でプリアライメントを行い（P-4 2）、レーザ加工によりアライメントマークを形成する（P-4 3）。このアライメントマークを検出してアライメント（精アライメント）を行った（P-4 4）後、設計データに従ってドライバ回路を構成する薄膜トランジスタの能動層部分とその周辺のみレーザアニールを実施する（P-4 6）。レーザアニール装置に搭載された時点で、フォトリソプロセス等により他の手段でアライメントマークが形成されている場合には、プリアライメント工程（P-4 2）、アライメントマーク形成工程（P-4 3）は不要である。所望の領域が全てアニールされるまで繰り返した後（P-4 6）、基板を搬出する（P-4 7）。

【0060】

この後、図22に示すように、アライメントマーク103、103'を基準に、あるいはアライメントマーク103、103'から算出される原点座標を基準に、フォトエッチング工程により、多結晶シリコン膜の必要な部分のみを島状に残す(P-5)。その後、フォトレジスト工程により、ゲート絶縁膜形成(P-6)、ゲート電極形成(P-7)を経て、不純物拡散(P-8)、および拡散領域活性化を行う(P-9)。その後、層間絶縁膜形成(P-10)、ソース・ドレイン電極形成(P-11)、保護膜(バッシベーション膜)形成(P-12)などのフォトレジスト工程を経て、ドライバ回路と画素部101が形成され、TFT基板が完成する(LCD(パネル)工程P-13)。尚、アライメントマーク103、103'は本発明のレーザアニールを行った後、少なくとも1回のフォトレジスト工程での位置合わせに用いられる。その後は上記フォトレジスト工程で新たに形成したアライメントマークを使用しても良い。なお、前記図11に示した薄膜トランジスタは1例を示したに過ぎず、これに限定させるものではない。薄膜トランジスタとして種々の構造が可能であるが、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の構造のトランジスタを形成可能であることは明らかである。

【0061】

一方、画素部のスイッチング用トランジスタ(画素部薄膜トランジスタ)はエキシマレーザによるアニールを実施しただけの多結晶シリコン薄膜103の領域で形成する。即ち、アライメントマークを基準に、あるいはアライメントマークから算出される原点座標を基準に、ゲート絶縁膜形成、ゲート電極形成、不純物拡散、拡散領域の活性化、ソース・ドレイン電極形成、バッシベーション膜形成等のためのフォトレジストプロセスを経て、TFT基板が完成する。

【0062】

この後、完成した薄膜トランジスタ基板に配向膜を形成し、ラビング工程を経たTFT基板に、カラーフィルタを重ねて液晶材料を封入するLCD(パネル)工程、バックライトなどと一緒に組み込むモジュール工程(P-14)を経て、高速ドライバ回路をガラス基板上に形成した液晶表示装置(いわゆるシステム・オン・パネル)が完成する。

【 0 0 6 3 】

なお、上記実施例においては、本発明のレーザアニールの対象としてエキシマアニールにより形成した微細多結晶シリコン薄膜を用いることで説明してきたが、多結晶シリコン薄膜を基板上に直接形成した場合には、図 2 2 に示したフローチャートにおいて、非晶質すなわちアモルファスシリコン膜（a-Si 膜）形成が多結晶すなわちポリシリコン膜（Poly-Si 膜）形成に置き換わり、エキシマレーザアニールを省略することができ、上記実施例と全く同じ効果を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は本発明の表示装置を搭載した電子機器例の説明図である。図 1 2（a）に示したテレビ受信機 4 0 1 のディスプレイ部、図 1 2（b）に示した携帯電話機 4 0 2 のディスプレイ部、あるいは図 1 2（c）に示したノート形パソコン 4 0 3 のディスプレイ部に本発明の表示装置を搭載することはできる。この他、自動車のダッシュボードに格納される各種計器のディスプレイ部、携帯型ゲーム機のディスプレイ部、VTR やデジタルカメラのモニタディスプレイ部などを挙げることができる。なお、本発明による表示装置は、上記の実施例で説明した液晶表示パネルを用いた液晶表示装置以外に、有機エレクトロルミネッセンスパネル、その他のパネル型表示素子を用いた表示装置とすることができる。

【 0 0 6 5 】

次に、本発明による製造方法の他の実施例について説明する。図 1 3 は本発明による製造方法の他の実施例であるレーザアニール方法におけるステージの移動とレーザを照射するタイミングを示すタイミング図である。先に述べた実施例と同様に図 6 の矢印で示したように、X 方向に走査しながら 2 5 0 ミクロンピッチで距離 1 0 0 ミクロンだけ 1 0 2 4 箇所を照射する場合を例に説明する。本実施例は先に述べた実施例と比べて、基板を相対的に走査させながら EO モジュレータでレーザ光を ON/OFF させる手順が異なる。

【 0 0 6 6 】

図 1 のステージ 2 の X 軸に付加したリニアスケール 3 はステージ 2 の X 方向への移動に応じて、一定間隔でパルス信号を発生する。発生する信号が正弦波の場

合には矩形波に変換して使用しても良い。このパルス信号をカウントすることで、ステージの位置を検出することができる。リニアスケール 3 で発生するパルス信号は、高精度のリニアスケールでは、例えば移動量 0. 1 ミクロン毎に 1 パルス発生する。パルス間隔が大きい場合には、電氣的に分割して、小さなパルス間隔にすることも可能である。

【 0 0 6 7 】

ステージ 2 は停止状態から一定速度に達するまでに、一定の距離（加速領域）を必要とする。レーザ照射時のステージ速度を 5 0 0 mm / s とすると、5 0 mm 程度の加速領域が必要であり、照射開始位置（図 6 におけるアニール領域 1 0 4 の左辺）より、加速領域として 5 0 mm 以上、例えば 6 0 mm だけ左側の位置（図 7 における X s）に位置決めし、停止する。

【 0 0 6 8 】

ここで、制御装置 2 2 の指令に従って、リニアスケール 3 からのパルス信号をカウントするカウンタ回路 C 1（カウンタ 1）をクリアしてからカウントを開始するとともに、ステージ 2 の駆動を開始する。カウンタ回路 C 1 はステージの移動に従って発生するパルス信号をカウントし、ステージ 2 が照射開始位置 X 1 に到達した時点、即ち 6 0 mm 移動に相当するパルス数 n 1（6 0 0 0 0 0 パルス）をカウントした時点でゲート ON 信号を出力する。この信号により、E O モジュレータ電源 2 1 へのゲートが開き、E O モジュレータ電源 2 1 への信号が伝達可能となる。この時点では、ステージ速度は加速を終え、一定速度に達している。

【 0 0 6 9 】

このゲートオン信号（ゲート ON）を受けて、カウンタ回路 C 3（カウンタ 3）が E O モジュレータ電源 2 1 のオン信号（E O M O N）を出力するとともにカウントをクリアしてカウントを開始し、以降、照射ピッチに相当するパルス数 n 3（2 5 0 0 パルス）をカウントする度に E O モジュレータ電源 2 1 への ON 信号を出力する。

【 0 0 7 0 】

一方、制御装置 2 2 に有する図示しないタイマー T 1（タイマー 1）は E O モ

ジュレータ電源 21 の ON 信号を受けて時間のカウンタを開始し、アニール距離 100 ミクロンを移動するのに要する時間（200 マイクロ秒）が経過した時点で EO モジュレータ電源 21 へのオフ信号（EOMOFF）を出力する。あるいは、EO モジュレータ電源 21 のオン信号を受けてアニール距離 100 ミクロンを移動するのに要する時間（200 マイクロ秒）のパルス幅を持つパルス信号を発生させても良い。この動作を、EO モジュレータ電源 21 のオン信号を受ける度に繰り返す。

【0071】

EO モジュレータ電源 21 は EO モジュレータ電源オン信号を受けてから EO モジュレータ電源オフ信号を受けるまでの間（500 mm/s で 100 ミクロンを通過する時間：200 マイクロ秒）、ポッケルスセル 61 にレーザ光 18 の偏光方向が 90 度回転する電圧を印加する。これにより、ポッケルスセル 61 に電圧が印加される時間と同じ時間だけ、レーザ光 18 が EO モジュレータ 10 を通過して出力され、基板 1 上に照射される。

【0072】

なお、EO モジュレータ電源 21 として、外部からのパルス信号を入力することでパルス信号波形に応じた電圧波形をポッケルスセル 61 に印加できる形式のものもある。この場合にはタイマー T1 の代わりにパルスジェネレータを使用しても良い。即ち、カウンタ回路 C3 が照射ピッチに相当するパルス数 n_3 （2500 パルス）をカウントする度に発生する EO モジュレータ電源 21 の ON 信号をパルスジェネレータに入力し、予め設定したパルス幅、即ち、レーザ光がアニール領域を通過するのに必要な時間に相当するパルス幅の信号（本実施例の場合はパルス幅 200 マイクロ秒）を発生させて、EO モジュレータ電源 21 に入力する。これにより、前述の実施例と同様に、レーザ光を基板 1 上の必要な領域に照射することができる。

【0073】

一方、カウンタ回路 C2（カウンタ 2）はカウンタ回路 C1 からのゲートオン信号を受けてカウンタをクリアするとともに、カウンタ回路 C4 が出力する EO モジュレータ電源オフ信号あるいはパルスジェネレータの出力パルスのカウント

し、アニール箇所数に相当するパルス数 $n 2$ (1 0 2.4 パルス) をカウントした時点で、ゲートを閉じる。これにより、E O モジュレータ電源 2 1 は E O モジュレータ電源オン信号や E O モジュレータ電源オフ信号を受けることがなくなり、E O モジュレータ電源 2 1 は動作しない。

【 0 0 7 4 】

本実施例においては、レーザ光の照射開始位置はステージ位置により制御されるが、レーザ照射終了位置はレーザ照射開始後の時間、あるいはパルスジェネレータ出力パルスのパルス幅で規定される。このため、ステージ速度に変動があった場合、照射終了位置はステージ速度の変動に応じて、わずかに変動する可能性がある。しかしながら、大きな質量のステージが高速で移動している場合には、変動はわずかであり、実質的にステージ速度の変動による影響は極めて小さい。ステージ速度が $\pm 1 \%$ 程度変動しても、照射開始位置の変動は全くなく、照射終了位置の変動も 1 ミクロン程度であり、実質的に問題は生じない。

【 0 0 7 5 】

以上の手順により、図 6 に示したドライバ回路領域 1 0 2 の 1 回目のレーザアニールが終了するが、実際にはドライバ回路領域として数ミリ幅が必要であり、1 回の走査で全体をアニールできない。そのため、一定ピッチ (本実施例の場合には 5 0 0 ミクロン) Y 方向に移動して、上に述べた手順を繰り返せばよい。これにより、ステージ速度の変動の影響を受けずに、高精度に照射することができる。ただし、走査を繰り返す場合、走査方向に平行にアニールの重なる部分、あるいはレーザが照射されない部分が発生する場合があります、そのような部分では結晶の成長が乱されるため、走査部と走査部のつながる部分にはトランジスタを形成しないようにレイアウト設計することが望ましい。なお、レーザ光 1 8 が照射された場合の、多結晶シリコン薄膜における結晶粒の変化は前述した通りである。

【 0 0 7 6 】

前記実施例での説明と同様に、図 6 に示したガラス基板 1 において、ドライバ回路領域 1 0 2、1 0 2' のうちの一方、例えばドライバ回路領域 1 0 2 に高速な動作を必要とするトランジスタをまとめることができれば、ドライバ回路領域

1 0 2 のみに本発明のレーザアニールを実施するだけで良い。即ち、ドライバ回路領域 1 0 2 に形成されるトランジスタの能動層（活性領域）は電流が流れる方向に結晶粒界を持たない結晶粒を含む多結晶シリコンで構成され、高速に動作するトランジスタが得られる一方、ドライバ回路領域 1 0 2' にはそれほどの高速動作を必要としないトランジスタを形成するため、トランジスタの能動層（活性領域）はエキシマレーザでアニールされただけの微細結晶粒からなる多結晶シリコン膜で構成される。この場合には、基板の回転あるいは走査方向と線状ビームの方向を回転させる必要が無くなり、しかもアニールすべき領域も小さくすることができ、スループット向上の効果が大きい。

【 0 0 7 7 】

あるいは、図 1 8 に示すように、基板 1 上に形成されるドライバ回路領域 6 0 2 を画素領域 6 0 1 の外側の 1 辺にまとめることができれば、ドライバ回路用トランジスタ全ての能動層（活性領域）が電流の流れる方向に結晶粒界を持たない結晶粒を含む多結晶シリコンで構成され、高速に動作するトランジスタが得られる。この場合も、基板の回転あるいは走査方向と線状ビームの方向を回転させる必要が無くなり、スループット向上の面からも好ましい。アライメントマーク 6 0 3、6 0 3' が必要なことは言うまでもない。

【 0 0 7 8 】

なお、本実施例の説明に於いて、ステージの位置あるいは移動量を検出するために、ステージに設置されたりニアスケール（リニアエンコーダ）からの信号をカウントすることで説明したが、これに限定されるものではなく、ステージ位置を検出するために、レーザ干渉を用いた測長器、ステージを駆動するモータ軸に設置したロータリエンコーダ等からの出力信号を用いることができる。

【 0 0 7 9 】

図 1 4 は本発明による製造装置すなわちレーザアニール装置の他の実施例の説明図である。本実施例では、複数のパネルが取得できる大形の基板 5 0 1 を載置するステージ 5 0 2 と、レーザ照射光学系を備えた複数の光学鏡筒 5 0 3 と、上記光学鏡筒の各々を独立に位置調整するための調整ステージ 5 0 4 と、上記調整ステージ 5 0 4 を保持するための架台 5 0 5（図中では一部分を表示）と、連続

発振レーザ発振器 5 0 6 と、レーザ発振器 5 0 6 を励起するためのレーザダイオード電源 5 0 7 と、励起光を伝送するためのファイバ 5 0 8 と、ステージの位置を検出するためのリニアスケール 5 0 9、5 1 0 から構成されている。

【 0 0 8 0 】

図 1 5 は図 1 4 における光学系の概略構成の説明図である。図 1 4 の光学鏡筒 5 0 3 内部には図 1 5 に示すように、シャッタ 5 1 1、ビームエキスパンダ 5 1 2、透過率可変フィルタ 5 1 3、E O モジュレータ 2 1 4、シリンドリカルレンズ 5 1 5、矩形スリット 5 1 6、対物レンズ 5 1 7、C C D カメラ 5 1 8 等から構成されたレーザ照射光学系が納められている。尚、図 1 5 においては、観察用照明装置、参照光用光源装置、観察用モニタ、自動焦点光学系、画像処理装置、制御装置等は省略してあるが、基本的には図 1 に示した構成と同じである。また、各部の機能については図 1 に示したレーザアニール装置と同様であり、ここでは詳細には触れない。異なる点は、複数組（図 1 4 においては 6 組）のレーザ照射光学系がそれぞれ独立の光学鏡筒（図では 5 0 3 で代表）に納められ、それぞれが独立に X Y Z に移動可能な調整ステージ（図では 5 0 4 で代表）上に固定されていて、各光学鏡筒（図では 5 0 3 が代表）が各パネルの同一箇所レーザ光を照射できるように位置の調整が可能であり、同時に複数箇所をレーザアニールできる点にある。

【 0 0 8 1 】

次に上記したレーザアニール装置によるレーザアニール方法を説明する。基板 5 0 1 として、図 6 に示したように、ガラス基板 1 の一主面に絶縁体薄膜を介して非晶質シリコン薄膜を形成し、エキシマレーザ光を全面走査することで微細な多結晶シリコン膜に変化した多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 を用いる。ここで、絶縁体薄膜は SiO_2 あるいは SiN あるいはそれらの複合膜である。上記多結晶シリコン薄膜基板には複数のパネルが（図 1 4 においては 1 基板上に 6 パネルが）形成される。

【 0 0 8 2 】

まず、多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 をステージ 5 0 2 上に載置する。この多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 には、各パネル（図 1 4 では 6 パネル）が形成され

る領域の複数箇所のアライメントマーク（図示せず）が形成されている。これらアライメントマークは通常、フォトエッチング技術で形成するが、この目的だけでフォトレジスト工程を実施するのは無駄が多い。このため、多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 の角部を検出して概略のアライメントを行った後、1つの光学鏡筒 5 0 3 でレーザアニールに使用するレーザ光を矩形スリット 5 1 6 で、例えば縦長と横長の矩形に成形して多結晶シリコン薄膜を除去加工することで順次各パネルの複数箇所に十字マークを形成し、アライメントマークとすることができる。あるいは各光学鏡筒を予め設定した基準位置に位置決めした後、同時に各パネルの複数箇所に十字マークを形成し、アライメントマークとすることができる。あるいは、インクジェット手段によりドット状のアライメントマークを形成しても良い。

【 0 0 8 3 】

次に、一つの光学鏡筒（例えば 5 0 3）の CCD カメラ 5 1 8 で 2 箇所のアライメントマークを順次撮象し、その重心位置を検出して、アライメントマークを基準に設計上の座標に従って、ステージ 5 0 2 を X Y Z 3 軸で移動させて多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 の精アライメントを行う。尚、アライメントマークの検出にアニールを実施するための光学鏡筒の CCD カメラを使用したか、アライメント用光学系を別途設けても良い。この場合、1 個の光学系で順次複数のアライメントマークを検出しても良いし、複数の光学系で同時に複数のアライメントマークを検出しても良い。

【 0 0 8 4 】

多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 のアライメント終了後、設計上の座標に従い、各パネルのアライメントマークのうち、1 箇所が各光学鏡筒の視野内に入るようにステージ 5 0 2 を移動させ、各光学鏡筒の CCD カメラ 5 1 8 でアライメントマークを撮像し、その重心が視野中央に一致するように、各光学鏡筒の調整ステージ 5 0 4 で調整する。それにより、各光学鏡筒は多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 上に形成されたパネルの同一箇所を照射するように位置調整されたことになる。

【 0 0 8 5 】

その後、前述したように設計データに従い、各パネルのドライバ回路形成領域

の能動層（活性領域）が形成される部分のみにレーザ光を照射して、アニールを行う。この際、ステージ 5 0 2 に設置されているリニアスケール 5 0 9 あるいは 5 1 0 が発生するパルス信号をカウントし、レーザ光が照射される位置に達したら、E O モジュレータ 5 1 4 によりレーザ光をオン状態とし、シリンドリカルレンズ 5 1 5 で線状に集光して、矩形スリット 5 1 6 で不要部分を切り落として、対物レンズ 5 1 7 により集光照射される。必要に応じ、透過率可変フィルタ 5 1 3 によりレーザエネルギーを調整する。更に、リニアスケール 5 0 9 あるいは 5 1 0 からの信号をカウントして、ステージ 5 0 2 が移動してアニールすべき領域を通過すると、E O モジュレータ 5 1 4 によりレーザ光をオフ状態とすることで、アニールを必要とする領域のみに、正確にレーザ光を照射することができる。なお、レーザ光照射のタイミングについては、図 7 および図 1 3 で説明した通りである。

【 0 0 8 6 】

レーザ光が照射される領域は、例えば各画素を駆動するためのドライバ回路を構成する薄膜トランジスタの能動層部分で、ステージ 5 0 2 を駆動させて多結晶シリコン薄膜基板 5 0 1 を走査させながら必要な部分のみに順次照射する。この時、各光学鏡筒は自動焦点機構（図示せず）により、各光学鏡筒を搭載している調整用ステージ 5 0 4 をそれぞれ独立に Z 方向に駆動して、全ての対物レンズが基板 5 0 1 表面と一定の位置関係になるように制御される。

【 0 0 8 7 】

1 枚のガラス基板に小型のパネルが多数並んでいる場合には、数パネルおきにアニールを実施し、パネルが配列されるピッチ分だけ移動した後、再度アニールを実施する手順を繰り返すことで、全パネルのアニールを行うことができる。なお、レーザ光 1 8 が照射された場合の、多結晶シリコン薄膜における結晶粒の変化は前述した通りで、レーザ光 1 8 を走査した方向に結晶粒が成長し、トランジスタを形成した場合に電流の流れる方向と結晶粒の成長した方向を一致させることで、実質的に単結晶と同等の特性が得られる。

【 0 0 8 8 】

次に、本発明の他の実施例について説明する。これまでに述べた実施例におい

ては、レーザ光 1 8 をアニールすべき領域のみに照射することで説明してきた。即ち、ステージ 2 (5 0 2) が移動を開始してから照射領域に達するまでは、レーザ光 1 8 は完全にオフ状態で、照射領域に達した時点で初めて所定の出力で照射を開始して、照射領域を通過した時点でレーザ光を完全にオフ状態とし、これを繰り返すことで複数領域にレーザアニールを施していた。この方法でレーザ光を照射すると、次のような現象が生じる。

【 0 0 8 9 】

図 2 0 は本実施例のレーザアニール方法を実施した薄膜トランジスタ基板の断面形状を示す断面図である。図 2 0 に示すように、ガラス基板 7 0 1 上に絶縁膜 7 0 2 を介して形成されている多結晶シリコン膜 7 0 3 は照射開始地点で連続発振レーザ光の照射を開始した瞬間に熔融し、熔融シリコンは表面張力によりレーザ光の走査方向に引っ張られる。このため、レーザ光が通過した後に冷却・凝固すると、レーザ照射前と比較して膜厚の薄い部分 7 0 5 が生じる。この膜厚の薄い部分 7 0 5 に続く領域は、当初の膜厚の部分 7 0 4 が継続するが、レーザ照射終了地点で連続発振レーザ光を OFF 状態にすると、表面張力で引っ張られてきた熔融シリコンがそのまま冷却・凝固するため、盛り上がり 7 0 6 が生じる。

【 0 0 9 0 】

このように、レーザの照射開始部分と照射終了部分でシリコン膜厚が他の部分と異なるため、この部分に形成されたトランジスタの特性は他の部分と比べて変化してしまうため、その部分にはトランジスタを配置できない。そのため、膜厚の薄い異部分 7 0 5 と盛り上がり 7 0 6 がドライバ回路を構成する薄膜トランジスタの能動層に重ならないように考慮する必要がある。更には、照射終了部の盛り上がり 7 0 6 が大きい場合には、薄膜トランジスタ能動層のみを残すためのエッチング工程で、完全に除去できずにエッチング残りが生じて、最悪の場合にはその上を通過する電極や配線が断線したり、断線しないまでも信頼性を低下させる等の問題のあることが分かった。そこで、次のようなレーザ照射方法を採用する。

【 0 0 9 1 】

図 1 9 は本発明の他の実施例であるステージ位置とレーザ出力の関係の説明図

である。図 1 に示した E O モジューラ 1 0 の設定を変更し、図 1 9 の (a) に示すようにアニールを行わない領域では低出力で照射し、アニールを行うべき領域ではアニールに適した出力で照射した。前にも述べたように、アニールには $100 \times 10^3 \text{ W/cm}^2 \sim 500 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$ 程度のパワー密度が適しているが、アニールを行わない領域ではその $1/3$ 以下のパワー密度で照射した。

【 0 0 9 2 】

図 2 1 は図 1 9 の (a) の方法を実施した薄膜トランジスタ基板の断面形状を示す断面図である。図 2 1 に示すように、ガラス基板 7 0 1 上に絶縁膜 7 0 2 を介して形成されている帯状多結晶シリコン膜 7 0 3 のうち、低出力で照射した部分ではアニールされることが無いため基板へのダメージが発生することがなく、照射開始部の膜厚の薄い部分 7 0 5'、および照射終了部の盛り上がり 7 0 6' を緩和することができ、アニールに適した出力で照射した部分はレーザ光を走査した方向に結晶粒が成長し、所期の膜質の帯状多結晶シリコン膜が得られた。

【 0 0 9 3 】

また、図 1 9 の (b) あるいは図 1 9 の (c) に示したように、アニールを行う領域に到達する一定時間あるいは一定距離手前からレーザ出力を連続的に増加させてアニールすべき領域に達した時点でアニールを行う出力に達し、アニールすべき領域を通過した時点から連続的に出力を減少させ、一定時間あるいは一定距離後にアニールを行う出力の $1/3$ 以下あるいはレーザ光をオフ状態にした。これで、照射開始部および照射終了部での急激な温度上昇が緩和され、照射開始部での膜厚減少、照射終了部の盛り上がりを緩和することができ、アニールに適した出力で照射した部分はレーザ光を走査した方向に結晶粒が成長し、所期の膜質のシリコン膜が得られた。

【 0 0 9 4 】

図 2 4 は本発明による表示装置の一例である液晶表示装置を構成する液晶表示パネルの構成例を説明する要部断面図である。液晶表示パネルは第 1 の基板 S U B 1 と第 2 の基板 S U B 2 の貼り合わせ間隙に液晶層 L C を挟持して構成される。第 1 の基板 S U B 1 は前記した各実施例で説明したアクティブ・マトリクス基板（薄膜トランジスタ基板）に相当する。この第 1 の基板 S U B 1 はガラス基板

であり、その一主面すなわち内面にはゲート電極 G T、帯状多結晶シリコン膜で構成された能動層（半導体膜） P S I、ソース電極 S D 1 およびドレイン電極 D S 2、ソース電極 D S 1 に接続した画素電極 P X が形成されている。なお、参照符号 G I、P A S D（1 層または多層）は絶縁層、O R I 1 は配向膜を示し、P O L 1 は偏光板である。第 1 の基板 S U B 1 の周辺には、前記図 6 または図 1 8 で説明した駆動回路部（ドライバ回路部）が形成されている。

【 0 0 9 5 】

一方、第 2 の基板 S U B 2 もガラス基板からなり、その一主面（内面）にはブラックマトリクス B M で区画されたカラーフィルタ C F、オーバーコート層 O C、共通電極（対向電極） I T O および配向膜 O R I 2 が形成されている。また、参照符号 P O L 2 は偏光板である。そして、画素電極 P X と共通電極 I T O の間に基板面と垂直な方向の電界が形成されて液晶層を構成する液晶組成物の分子配向の方向を制御して第 1 の基板 S U B 1 に入射する光を第 2 の基板 S U B 2 から出射または遮断することで画像を表示する。

【 0 0 9 6 】

図 2 5 は本発明による表示装置の一例である液晶表示装置を構成する液晶表示パネルの他の構成例を説明する要部断面図である。液晶表示パネルは第 1 の基板 S U B 1 と第 2 の基板 S U B 2 の貼り合わせ間隙に液晶層 L C を挟持して構成される。第 1 の基板 S U B 1 は前記した各実施例で説明したアクティブ・マトリクス基板（薄膜トランジスタ基板）に相当する。この第 1 の基板 S U B 1 はガラス基板であり、その一主面すなわち内面にはゲート電極 G T、帯状多結晶シリコン膜で構成された能動層（半導体膜） P S I、ソース電極 S D 1 およびドレイン電極 D S 2、ソース電極 D S 1 に接続した画素電極 P X が画素領域に櫛歯状に形成されている。この櫛歯状の画素電極 P X の間に対向電極 C T が配列されている。なお、参照符号 G I、P A S（1 層または多層）は絶縁層、O R I 1 は配向膜を示し、P O L 1 は偏光板である。第 1 の基板 S U B 1 の周辺には、前記図 6 または図 1 8 で説明した駆動回路部（ドライバ回路部）が形成されている。

【 0 0 9 7 】

一方、第 2 の基板 S U B 2 もガラス基板からなり、その一主面（内面）にはブ

ラックマトリクスBMで区画されたカラーフィルタCF、オーバーコート層OC、および配向膜ORI2が形成されている。また、参照符号POL2は偏光板である。そして、画素電極PXと対向電極CTの間に基板面と並行な方向の電界が形成されて液晶層LCを構成する液晶組成物の分子配向の方向を制御して第1の基板SUB1に入射する光を第2の基板SUB2から出射または遮断することで画像を表示する。

【0098】

図26は図2または図25で説明した液晶表示パネルを用いた液晶表示装置の概略構成を説明する断面図である。この液晶表示装置（液晶表示モジュール）は液晶パネルPNLの背面に拡散シートやプリズムシートの積層からなる光学補償シート類OPSを介してバックライトを設置し、上ケースであるシールドケースSHDと下ケースであるモールドケースMDLで一体化される。下ケースを金属ケースとしたものもある。液晶パネルPNLを構成する第1の基板SUB1の周辺には前記した駆動回路部（ドライバ回路部）DRが形成されている。

【0099】

図26に示したバックライトはアクリル板を好適とする導光板GLBの側縁に配置した光源（ここでは冷陰極蛍光ランプCFL）、反射板RFS、ランプ反射シートLFS等で構成される、所謂サイドライト型である。しかし、バックライトは、この形式以外に、液晶表示パネルの背面直下に複数の光源を配置した、所謂直下型バックライト、あるいは液晶表示パネルの表面（観察面）側の近傍に設置する、所謂フロントライト型なども知られている。

【0100】

図27は本発明による表示装置の他例である有機エレクトロルミネッセンス表示装置を構成する表示パネルの構成例を説明する要部断面図である。この有機エレクトロルミネッセンス表示装置（有機ELと略称する）は、第1の基板SUB1と第2の基板SUB2で構成されるが、第2の基板SUB2は第1の基板SUB1に有する下記の各種機能膜を環境から保護する封止缶であり、ガラス板に限らず、金属板で構成される場合もある。第1の基板SUB1は前記した各実施例で説明したアクティブ・マトリクス基板（薄膜トランジスタ基板）に相当す

る。この第 1 の基板 SUB 1 はガラス基板であり、その一主面すなわち内面には前記した製造方法で改質した帯状多結晶シリコン膜で作り込んだ薄膜トランジスタを有する。

【0 1 0 1】

有機 EL パネルの画素回路のそれぞれは、少なくともスイッチング用薄膜トランジスタと駆動用薄膜トランジスタを有し、図示の薄膜トランジスタは駆動用薄膜トランジスタに相当し、スイッチング用の薄膜トランジスタは図示を省略してある。薄膜トランジスタは帯状多結晶シリコン膜 P S I、ゲート電極 G T、ソース電極 S D で構成される。そして、ソース電極 S D に接続した陽極 A D、発光層 O L E、陰極 C D を有する。なお、参照符号 I S (I S 1, I S 2, I S 3)、P S V、I L は絶縁層を示す。また、第 2 の基板 SUB 2 の内面には吸湿剤を設ける場合もある。また、陽極 A D と陰極 C D は必ずしも図示した配置に限るものではなく、その極性を入れ換えた構成とすることもできる。

【0 1 0 2】

この構成において、駆動用薄膜トランジスタの選択で陽極 A D と陰極 C D の間に電流が流れ、陽極 A D と陰極 C D の間に介挿された発光層 O L E が発光する。この発光光 L は第 1 の基板 SUB 1 側から出射される。なお、陽極 A D を反射金属とし、陰極 C D を透明電極とすることで第 2 の基板 SUB 2 側から発光光を出射する形式もある。その場合は第 2 の基板 SUB 2 (封止缶) はガラス板等の透明板とする。この有機 EL パネルは、適宜のケースあるいはフレームに収められ、有機 EL 表示装置 (モジュール) とされる。

【0 1 0 3】

なお、本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術思想を逸脱することなく種々の変更が可能であり、絶縁基板上に薄膜トランジスタ等のアクティブ素子を作り込む各種の電子機器用基板に対して同様に適用することができることは言うまでもない。

【0 1 0 4】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の製造方法および製造装置 (レーザアニール方法

およびレーザアニール装置)によれば、ガラス等の絶縁基板への熱影響を防止し、かつステージの速度変動によらず正確に照射すべき(アニールすべき)位置にレーザ光を照射することができる。しかも、ステージは定速移動しているため、基板内の場所によらず一定の条件でアニールすることができる。これにより、非晶質あるいは多結晶シリコン薄膜の結晶粒を所望の方向に成長させ、10ミクロンを越える大きさの結晶粒からなる帯状多結晶シリコン膜に改質することができる。この帯状多結晶シリコン膜で作り込む薄膜トランジスタ等のアクティブ素子の移動度が大幅に改善される。そして、本発明により改質したシリコン膜で形成した薄膜トランジスタ等のアクティブ素子は、液晶表示装置や有機EL等の表示装置におけるドライバ回路を構成するのに十分な性能を有し、所謂システムオンパネルを実現することができ、また小型化、低コスト化を図った液晶表示装置の各種表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による表示装置を製造するための製造方法を実施する製造装置の一実施例を模式的に説明する構成図である。

【図2】 図1におけるEOモジュレータの機能を説明する斜視図である。

【図3】 図1におけるEOモジュレータの機能を説明する斜視図である。

【図4】 EOモジュレータにおける印加電圧と透過率の関係を示すグラフ図である。

【図5】 EOモジュレータにおけるレーザ入力と印加電圧とレーザ出力の関係を示すグラフ図である。

【図6】 本発明による製造方法の1実施例であるレーザアニール方法の対象となるガラス基板を説明する平面図である。

【図7】 本発明による製造方法を説明するタイミング図である。

【図8】 本発明による製造方法の1実施例におけるレーザアニール方法を実施する前の結晶状態を示す平面図である。

【図9】 レーザアニール方法を実施した後の結晶状態を示す平面図である。

【図10】 レーザアニール方法を実施した領域とドライバ回路活性領域の位置関係を示す基板の平面図である。

【図 1 1】 本発明によるレーザアニール方法を実施して形成された駆動部薄膜トランジスタの構成を示す基板の平面図である。

【図 1 2】 本発明の表示装置を搭載した電子機器例の説明図である。

【図 1 3】 本発明による製造方法の他の実施例であるレーザアニール方法におけるステージの移動とレーザを照射するタイミングを示すタイミング図である。

【図 1 4】 本発明による製造装置すなわちレーザアニール装置の他の実施例の説明図である。

【図 1 5】 図 1 4 における光学系の概略構成の説明図である。

【図 1 6】 本発明によるレーザアニールを実施するに好適なレーザ光の集光状態を説明する斜視図である。

【図 1 7】 本発明のレーザアニールを行う際のレーザ照射領域を説明する斜視図である。

【図 1 8】 本発明による製造方法の他の実施例を説明する絶縁基板の平面図である。

【図 1 9】 本発明の他の実施例であるステージ位置とレーザ出力の関係の説明図である。

【図 2 0】 本発明の実施例におけるレーザアニール方法を実施した薄膜トランジスタ基板の断面形状を示す断面図である。

【図 2 1】 図 1 9 の (a) の方法を実施した薄膜トランジスタ基板の断面形状を示す断面図である。

【図 2 2】 本発明による製造方法を適用した表示装置の製造工程を説明する流れ図である。

【図 2 3】 図 2 2 における本発明のアニール工程の部分を説明する流れ図である。

【図 2 4】 本発明による表示装置の一例である液晶表示装置を構成する液晶表示パネルの構成例を説明する要部断面図である。

【図 2 5】 本発明による表示装置の一例である液晶表示装置を構成する液晶表示パネルの他の構成例を説明する要部断面図である。

【図 26】 図 2 または図 25 で説明した液晶表示パネルを用いた液晶表示装置の概略構成を説明する断面図である。

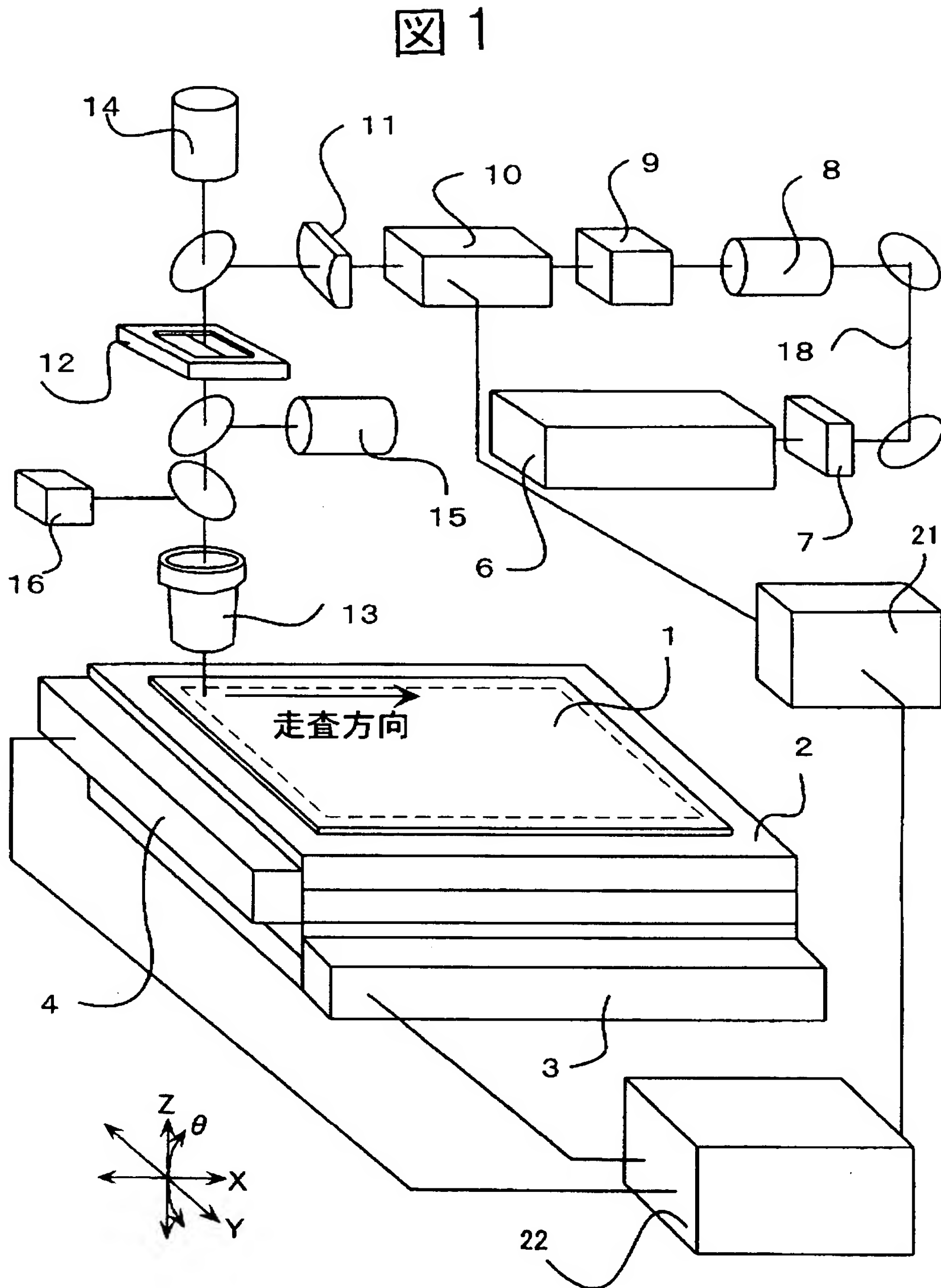
【図 27】 本発明による表示装置の他例である有機エレクトロルミネッセンス表示装置を構成する表示パネルの構成例を説明する要部断面図である。

【符号の説明】

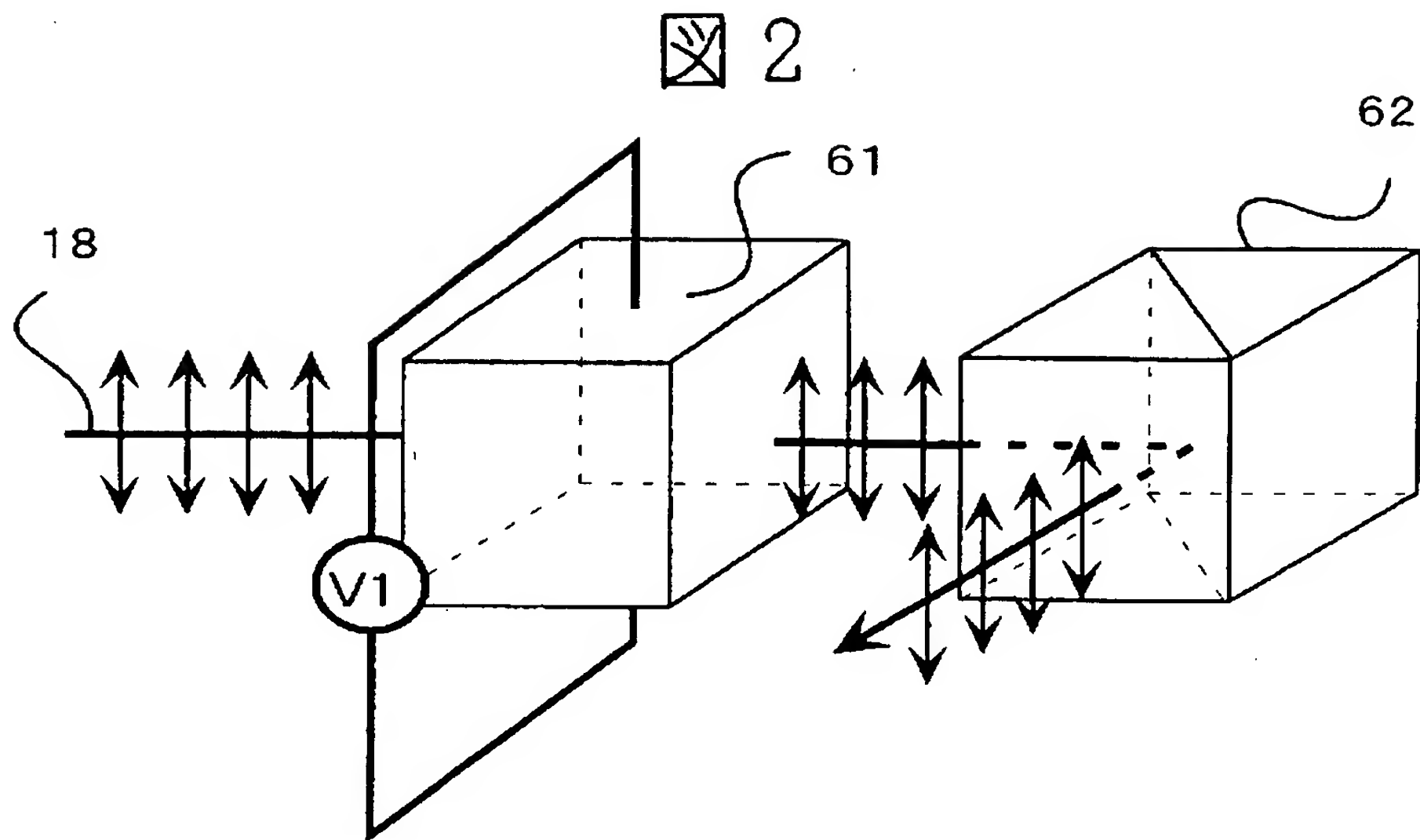
1・・・絶縁基板（ガラス基板、アクティブ・マトリクス基板、薄膜トランジスタ基板）、 2・・・ステージ、3, 4・・・リニアスケール、6・・・レーザ発振器、7・・・シャッタ、8・・・ビームエキスパンダ、9・・・透過率連続可変フィルタ、10・・・EOモジュレータ、12・・・電動矩形スリット、13・・・対物レンズ、21・・・EOモジュレータ電源、22・・・制御装置、61・・・ポッケルスセル、62・・・偏光ビームスプリッタ、101・・・表示領域（画素領域）、102・・・ドライバ回路領域（駆動回路領域、駆動回路部）、103・・・アライメントマーク、104～110・・・改質領域（アニール領域）、125, 126, 127・・・レーザアニールにより成長した結晶粒、304・・・結晶粒界、305・・・ゲート電極、306・・・ソース電極、307・・・ドレイン電極、401・・・テレビ受信機、402・・・携帯電話機、403・・・ノート型パソコン、502・・・ステージ、503・・・光学鏡筒、504・・・位置調整機構、506・・・連続発振レーザ発振器、509, 510・・・リニアスケール。

【書類名】 図面

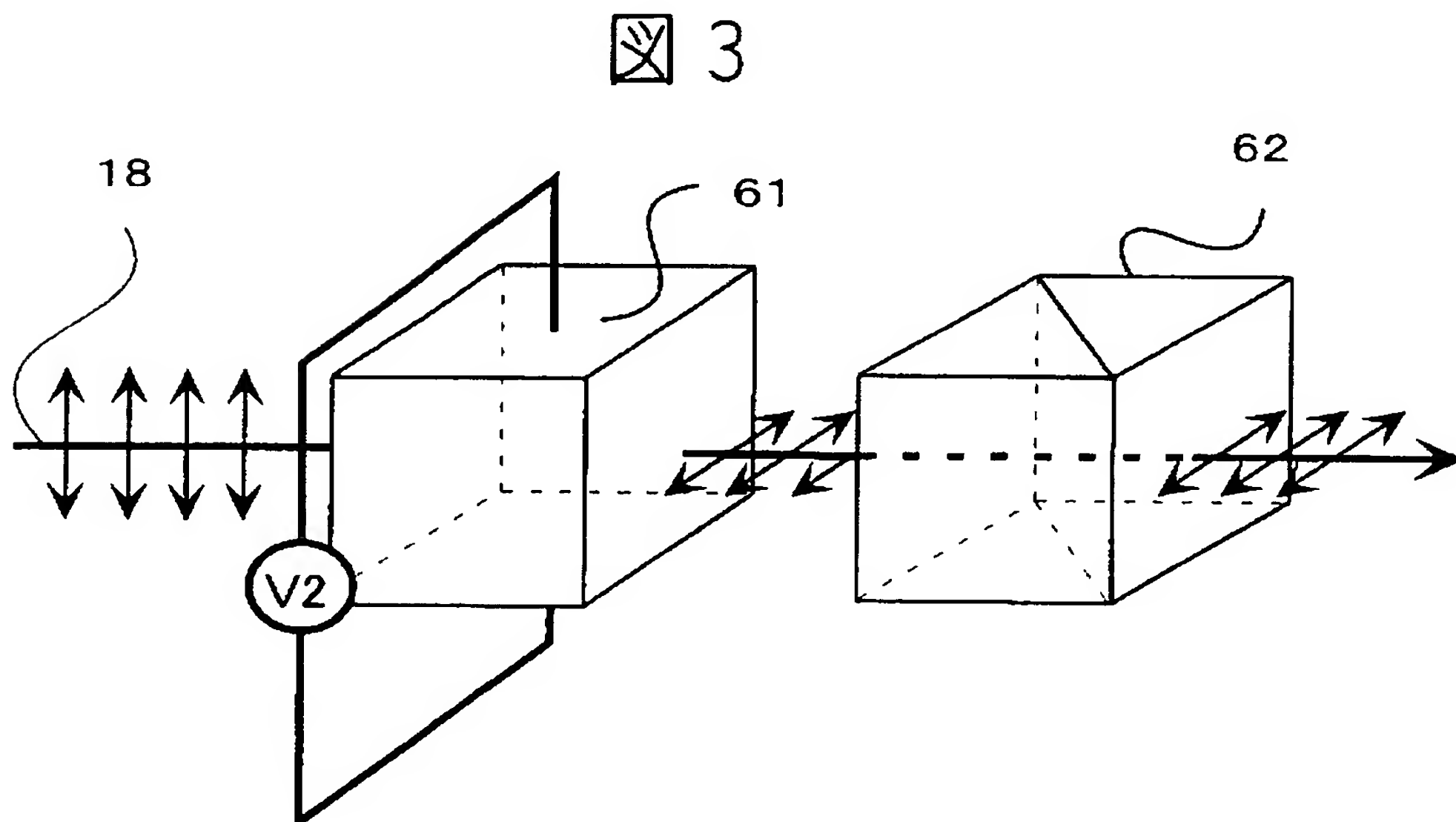
【図 1】



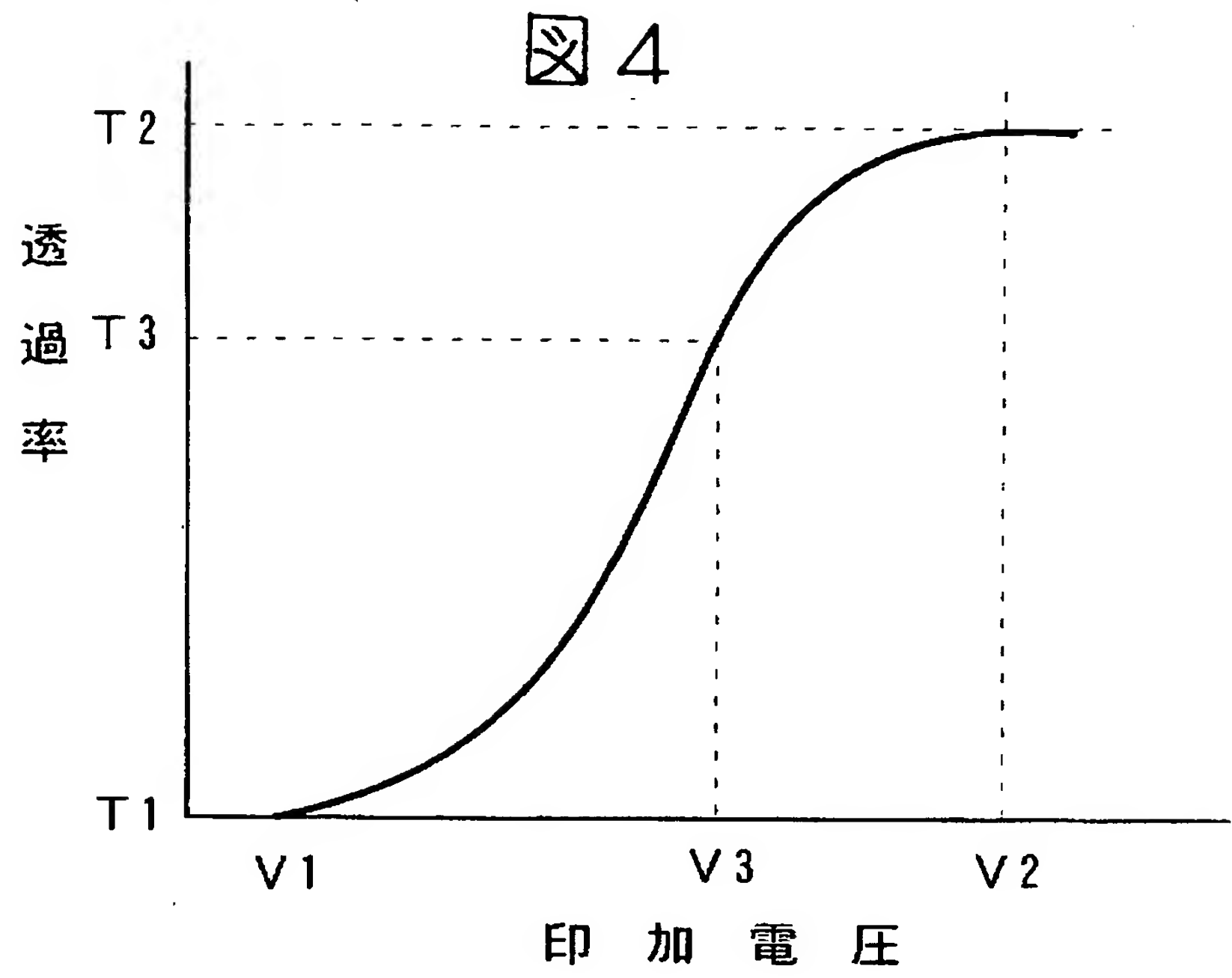
【図 2】



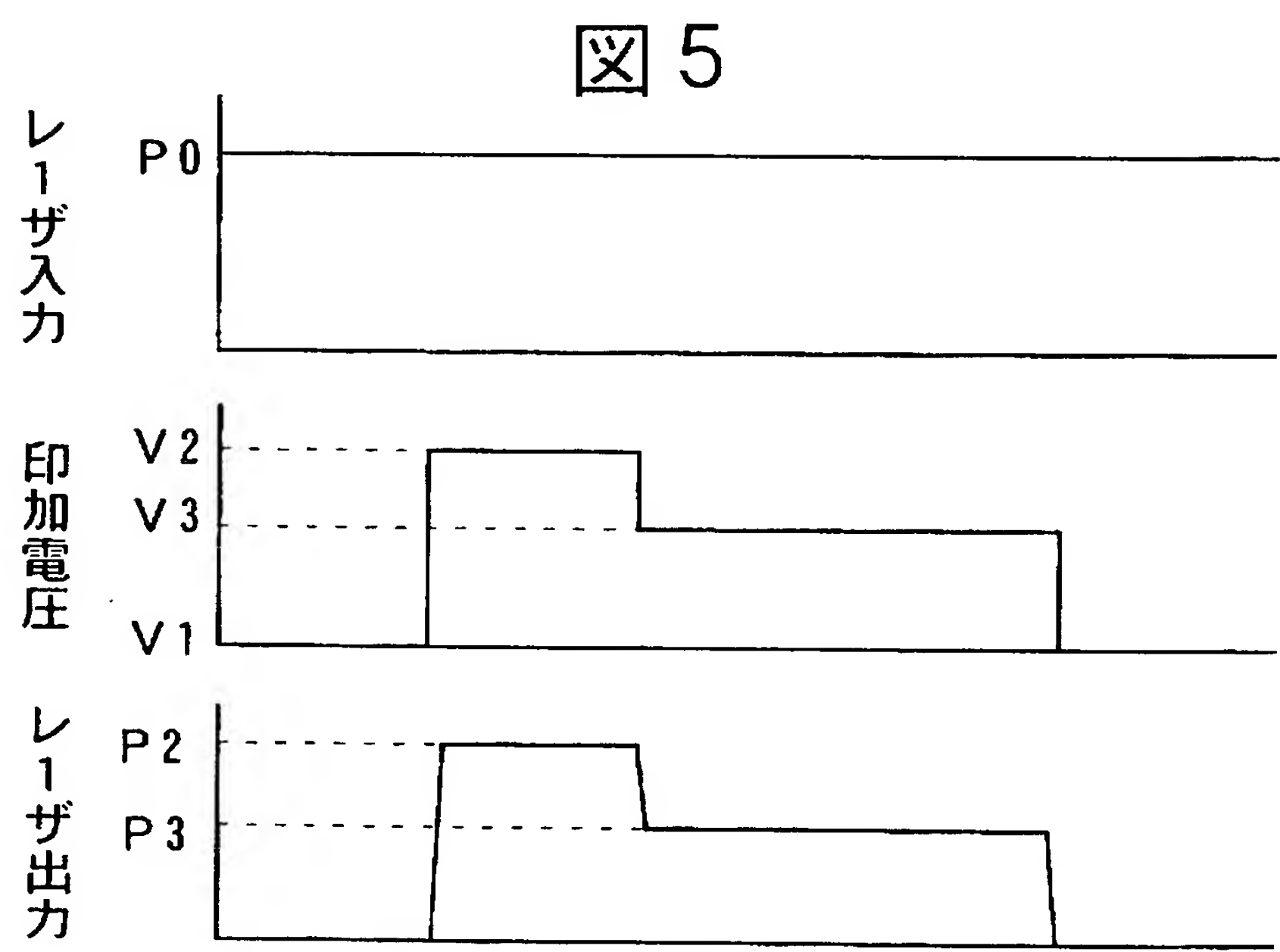
【図 3】



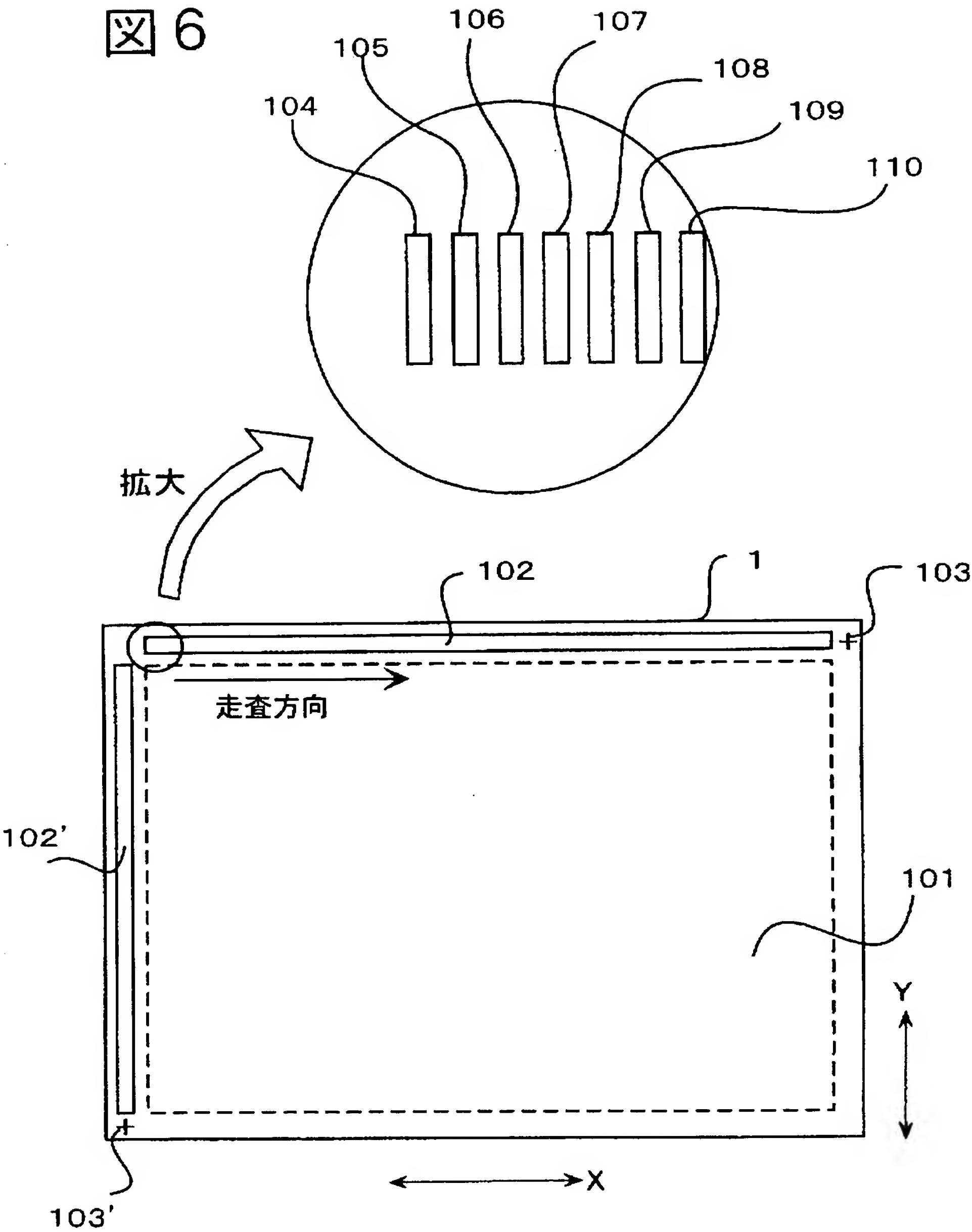
【図 4】



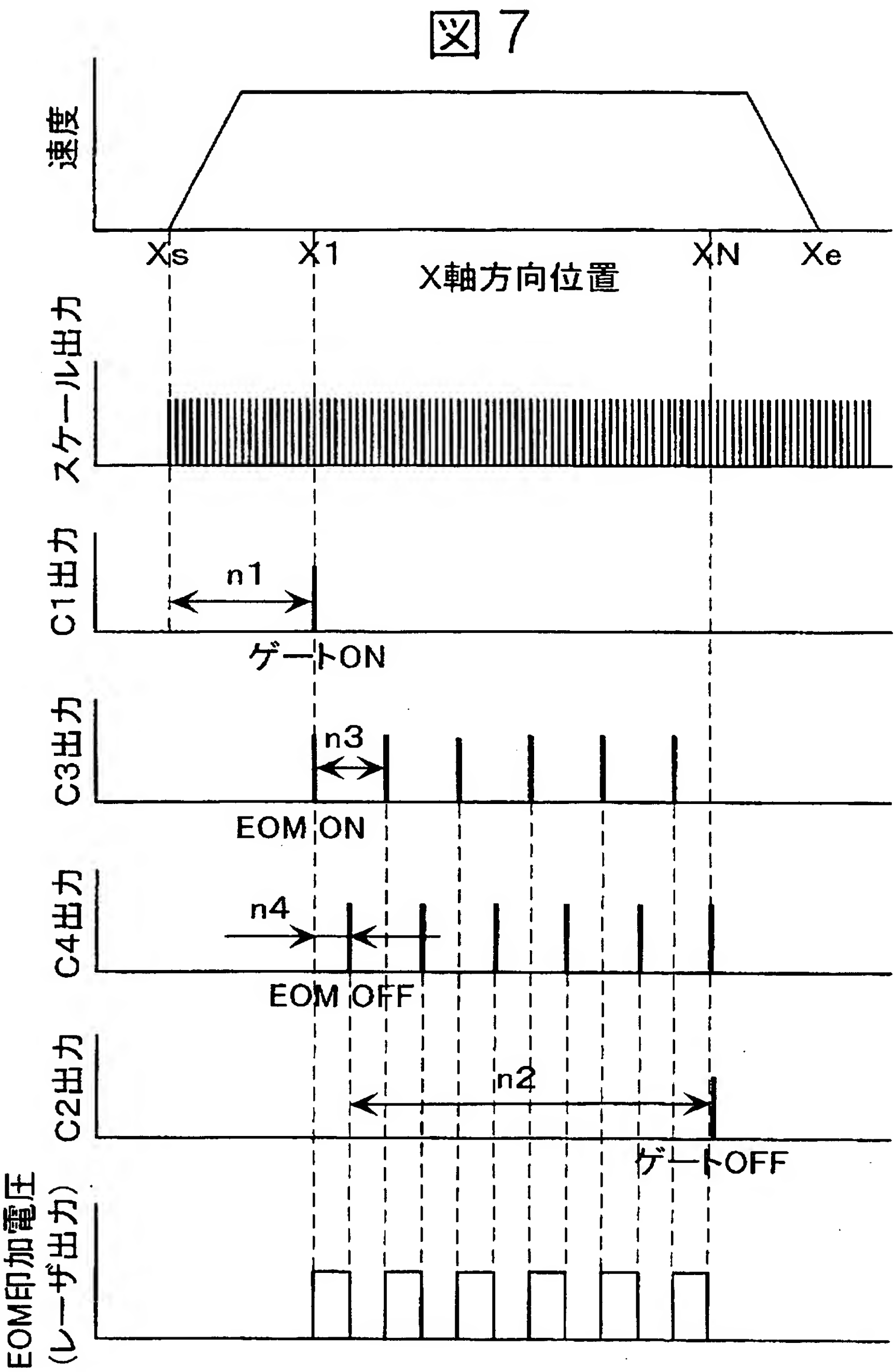
【図 5】



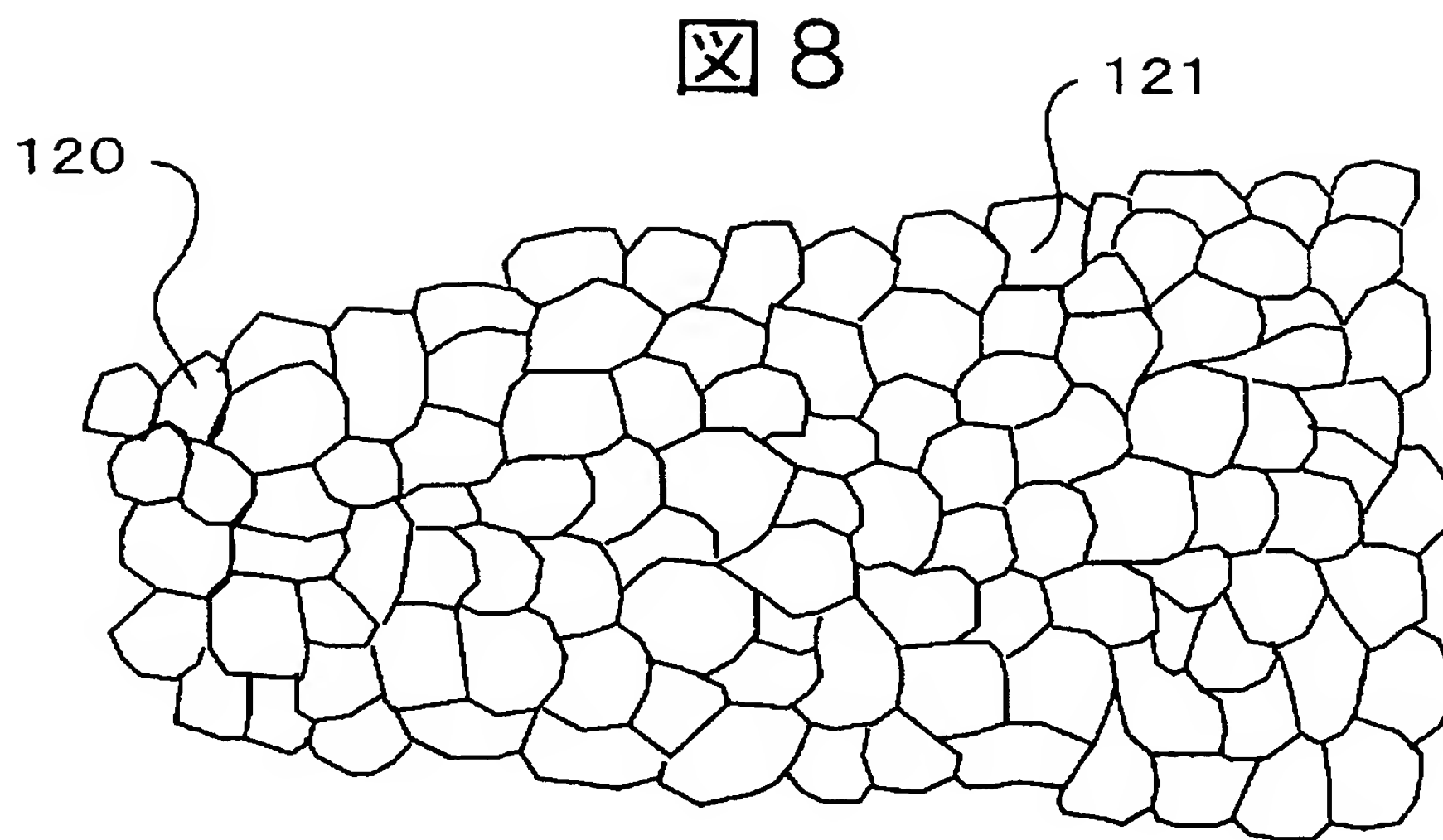
【図 6】



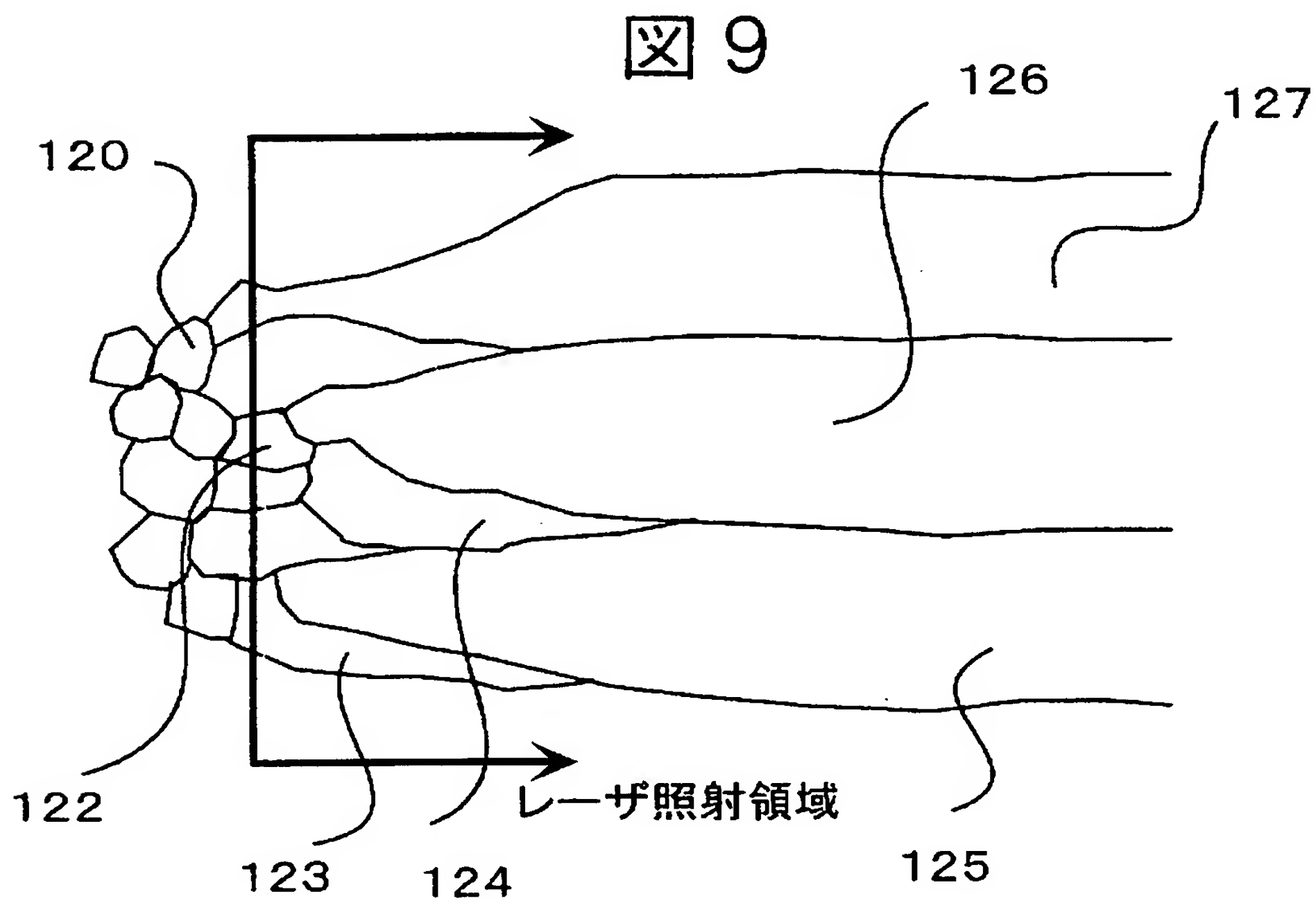
【図 7】



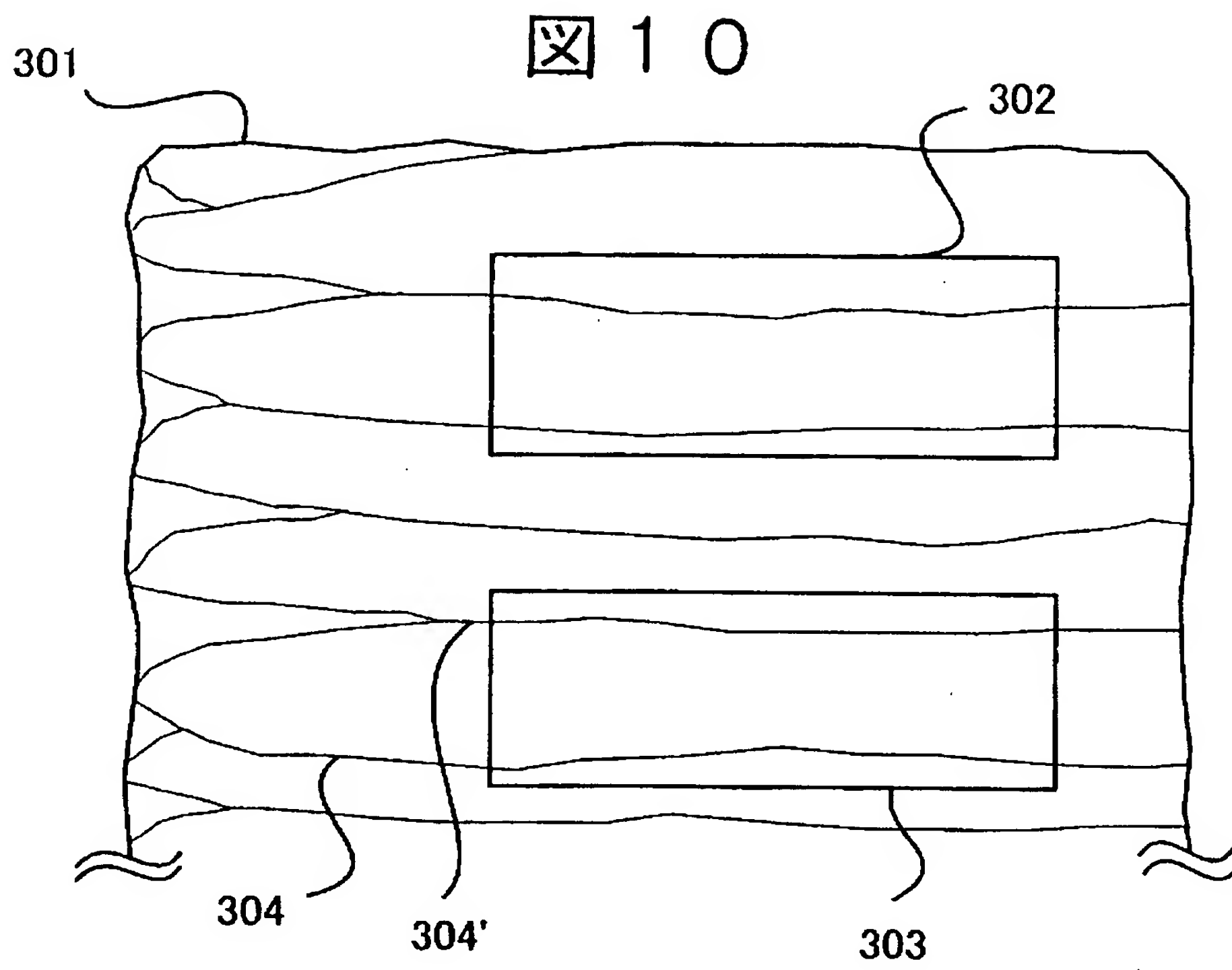
【図 8】



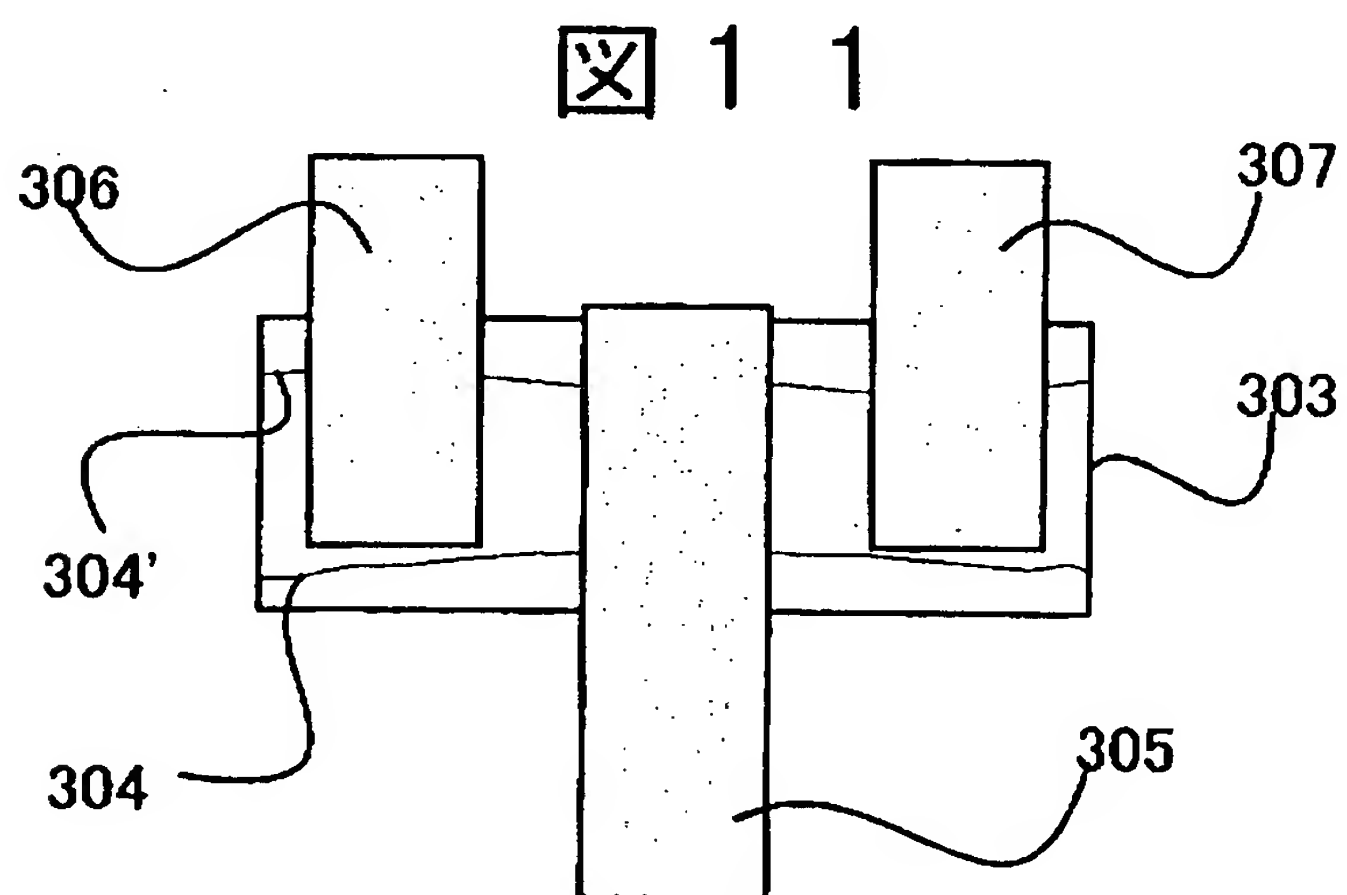
【図 9】



【図 10】

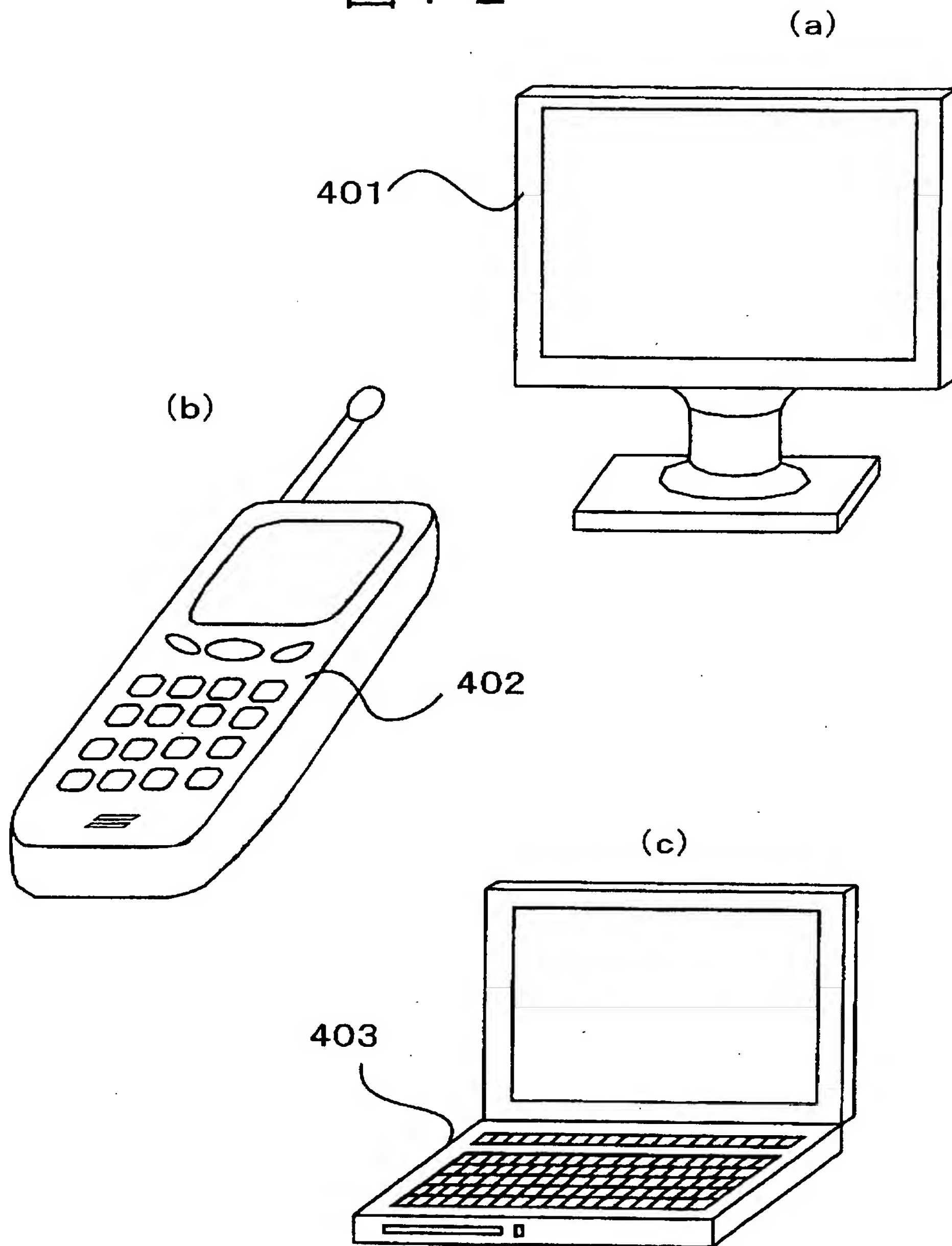


【図 11】

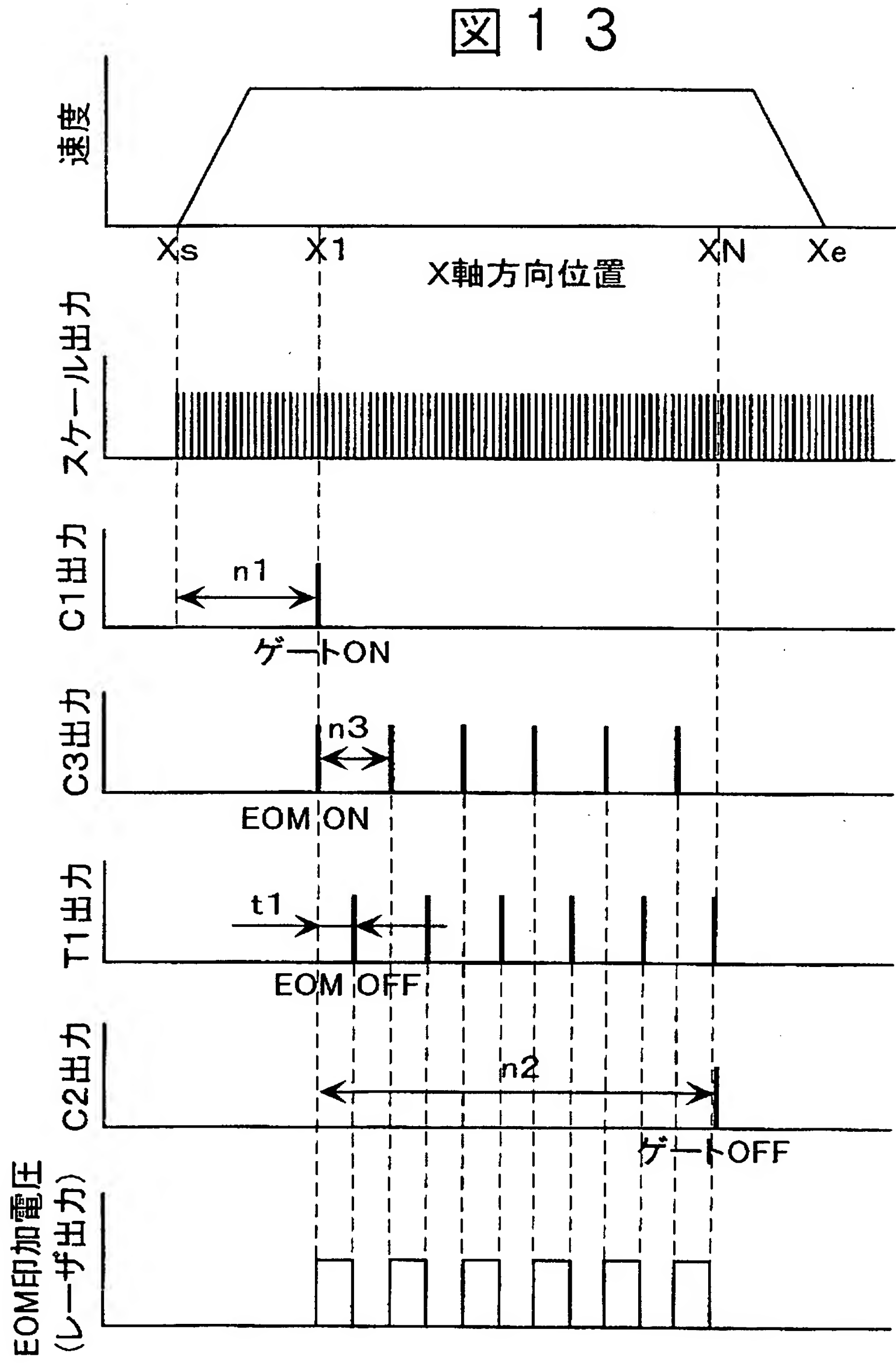


【図 12】

図 12

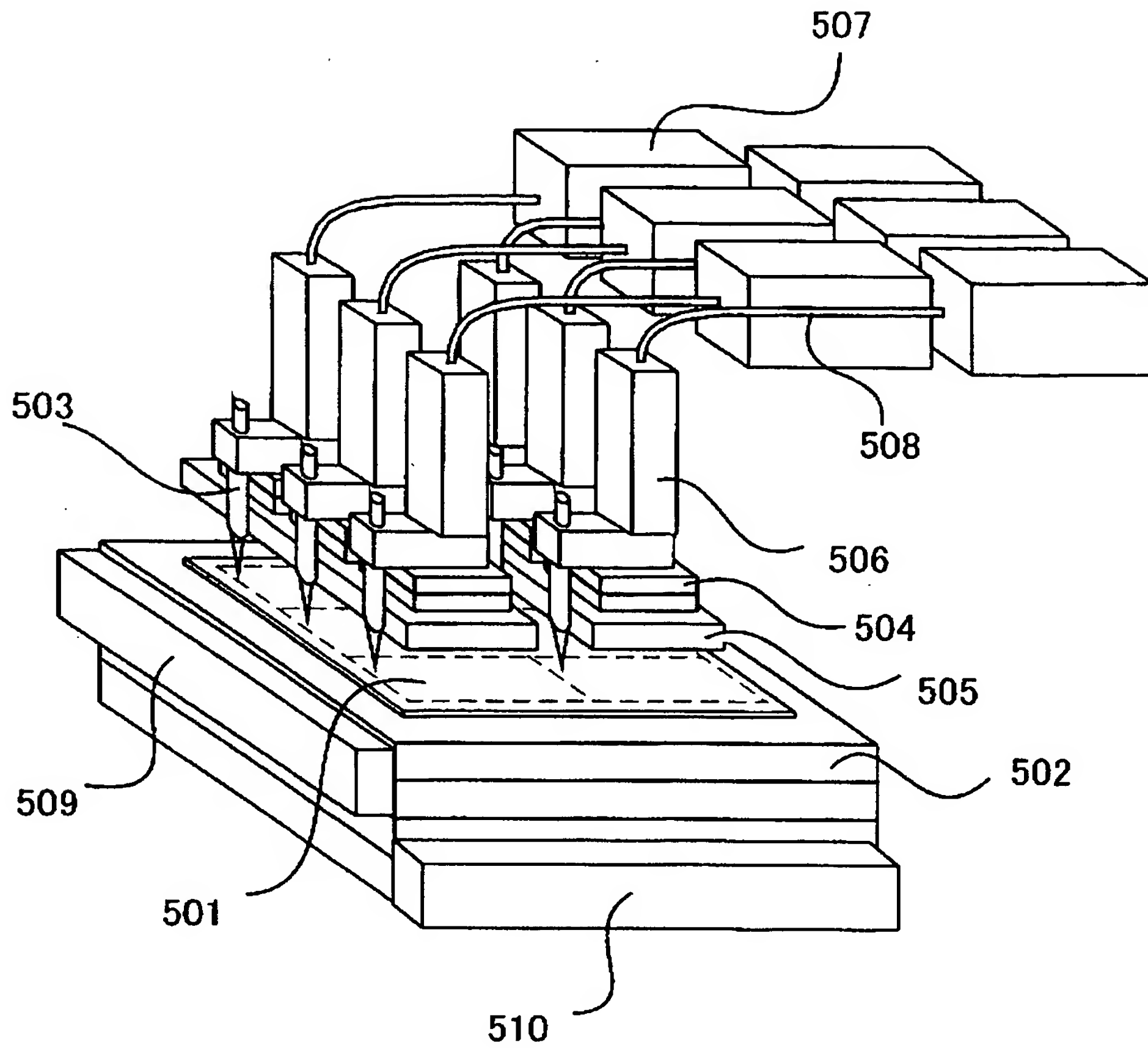


【図 1 3】



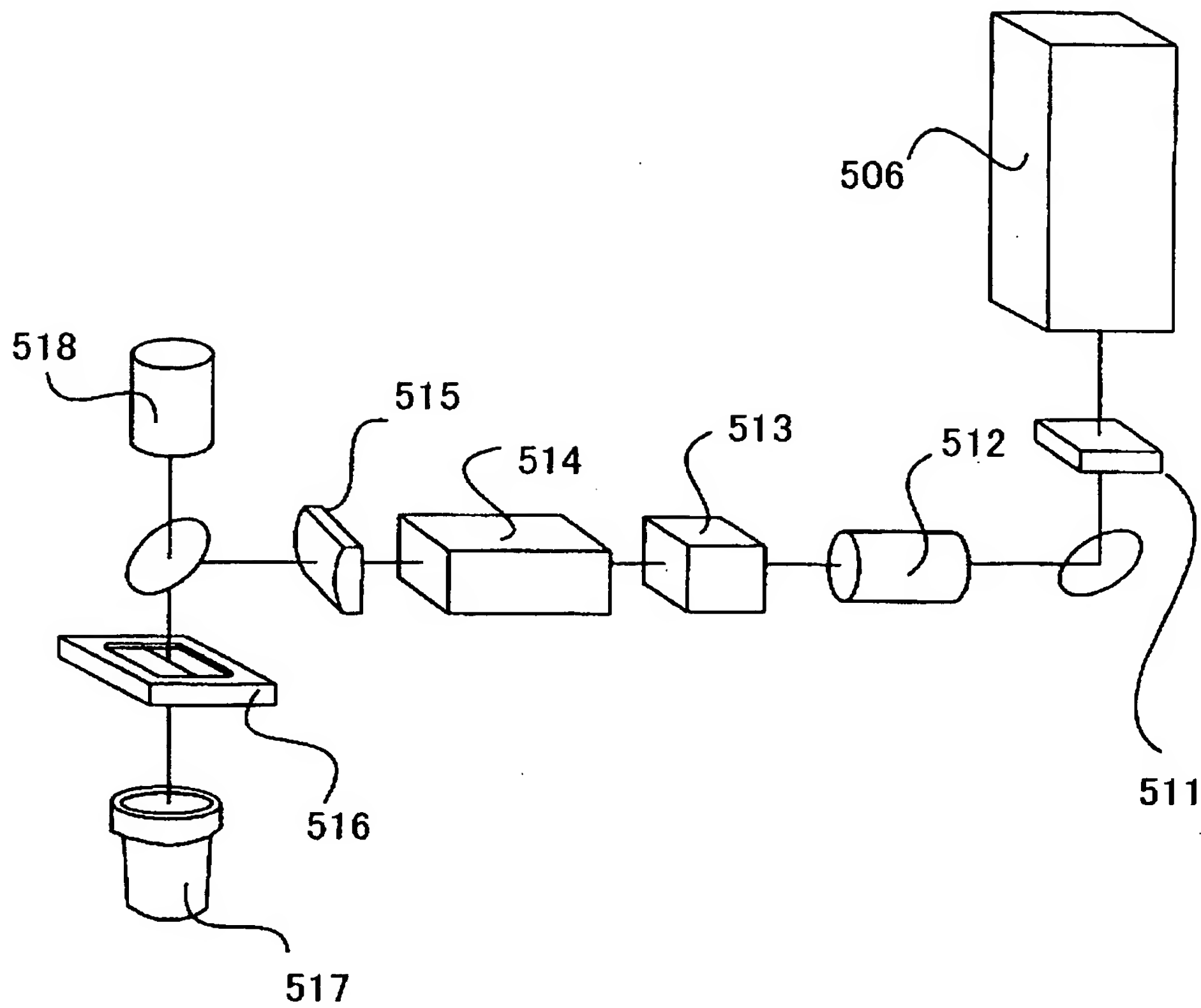
【図 14】

図 14

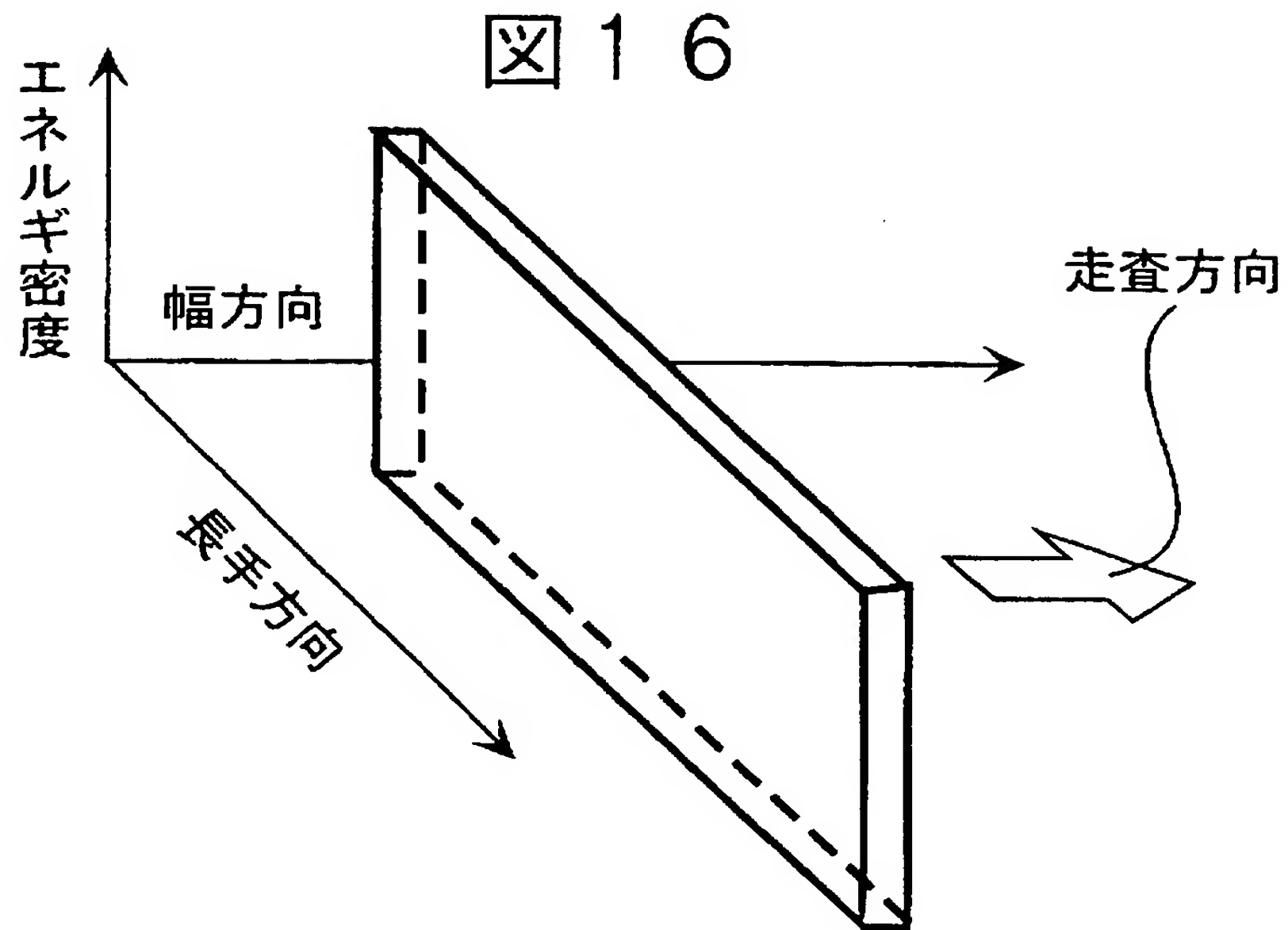


【図 15】

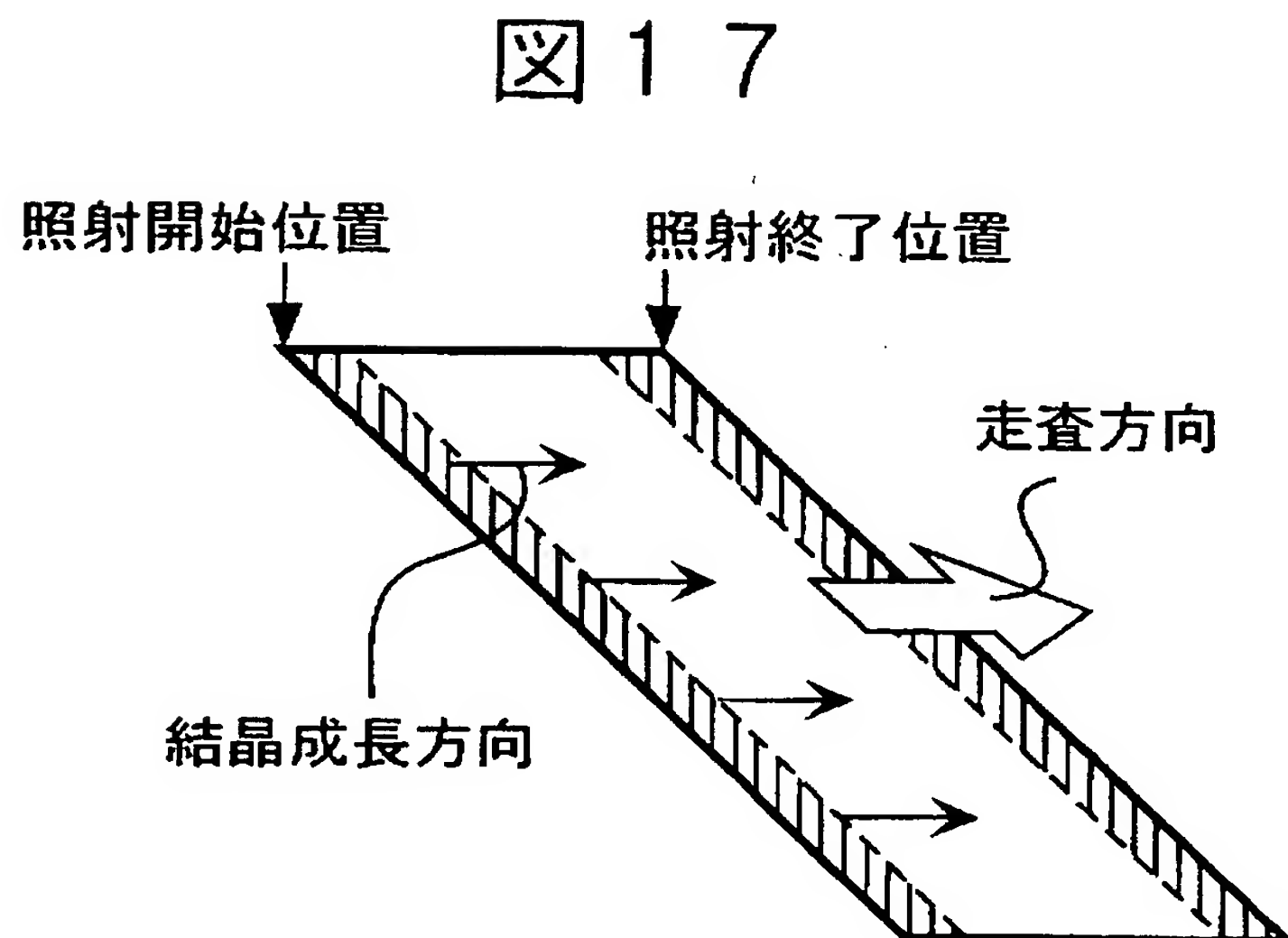
図 15



【図 16】

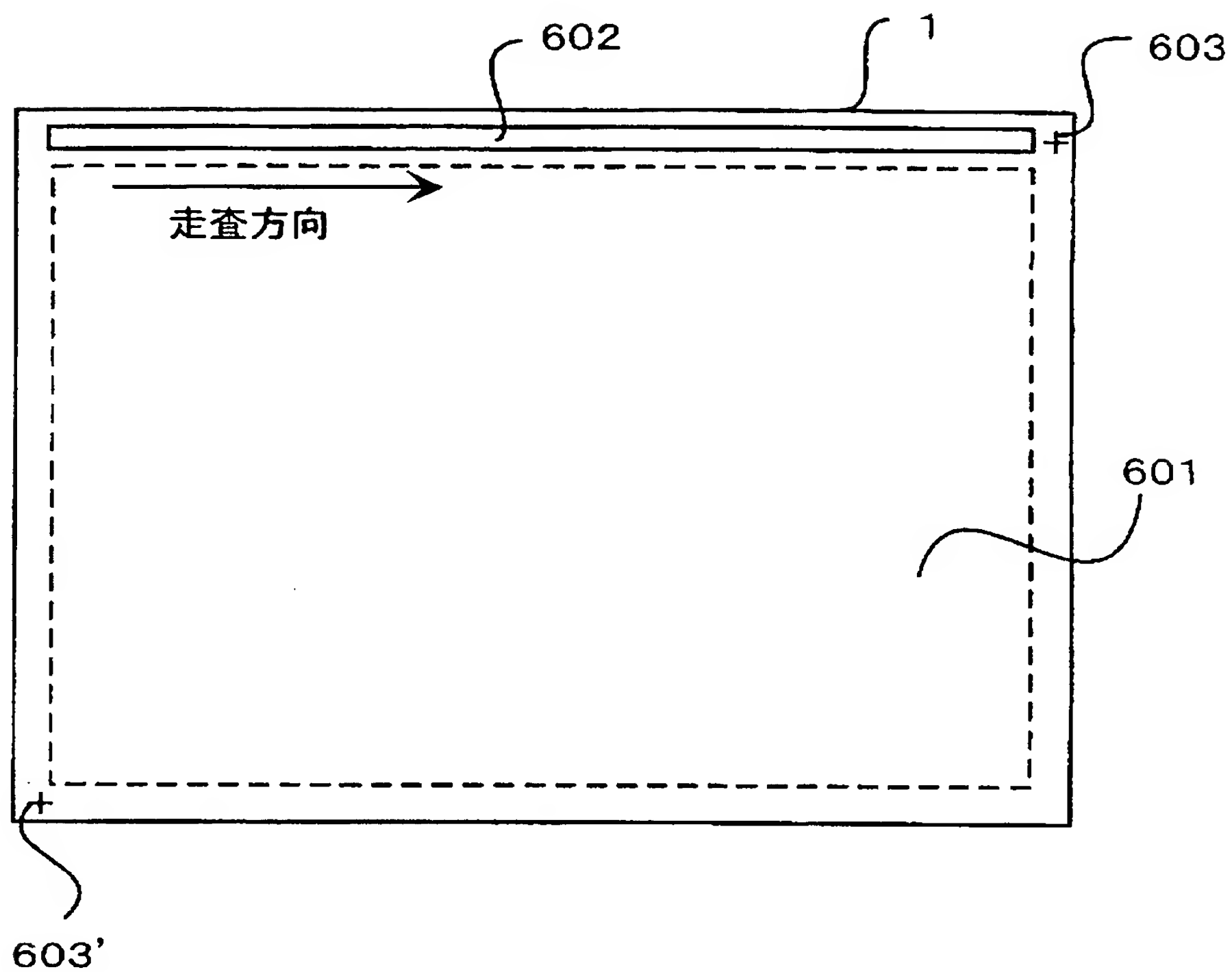


【図 17】

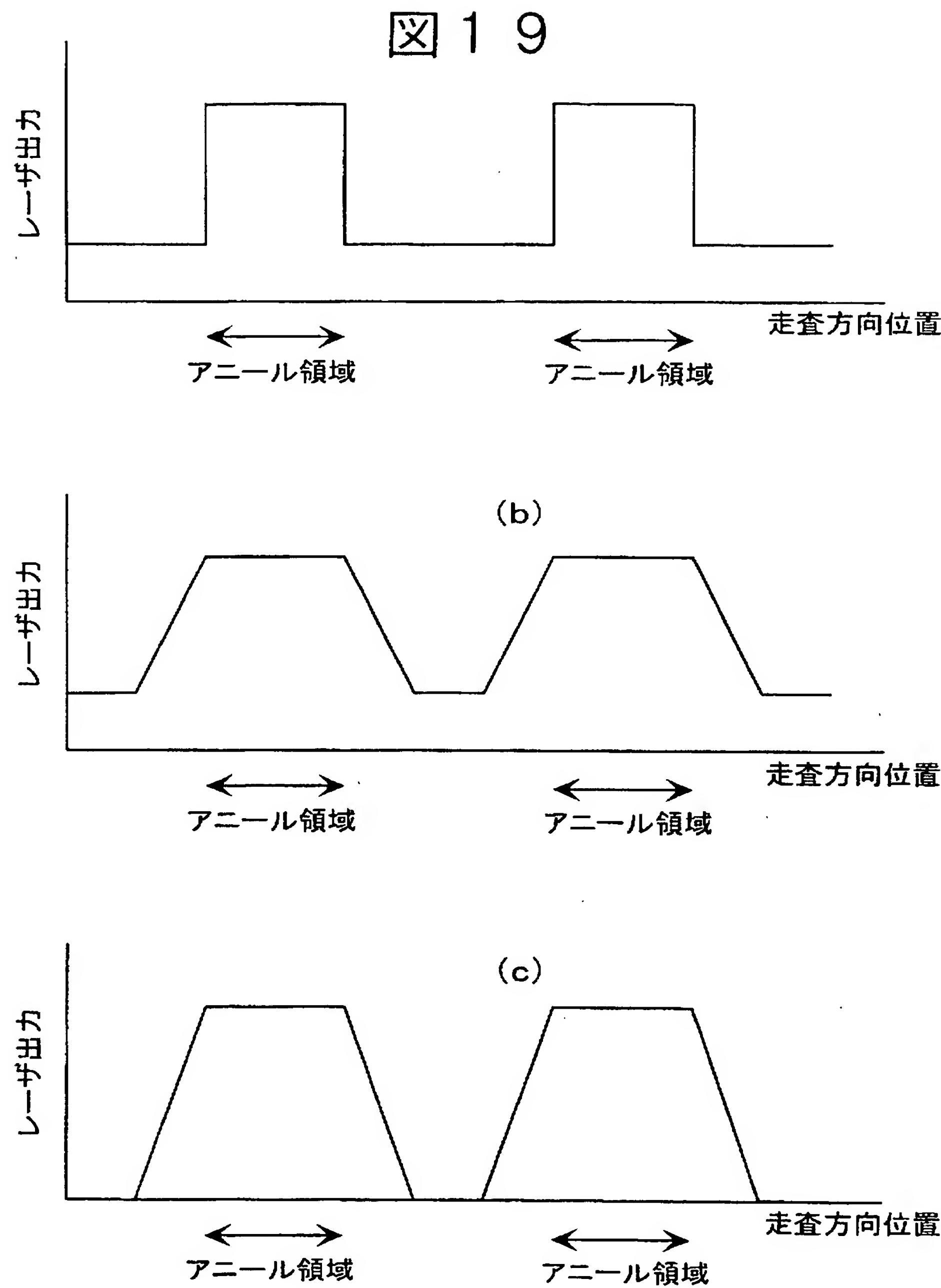


【図 18】

図 18

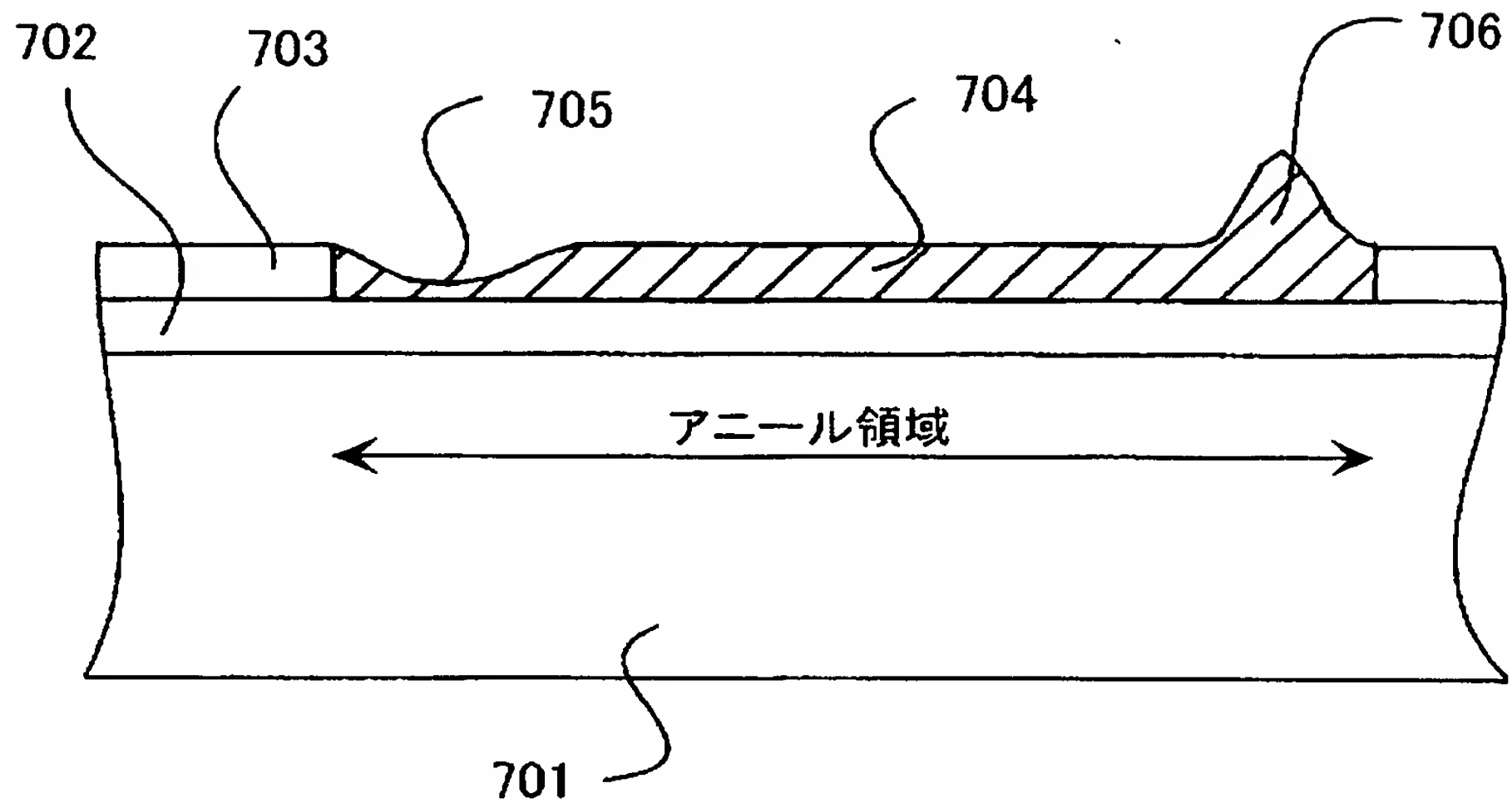


【図 1 9】



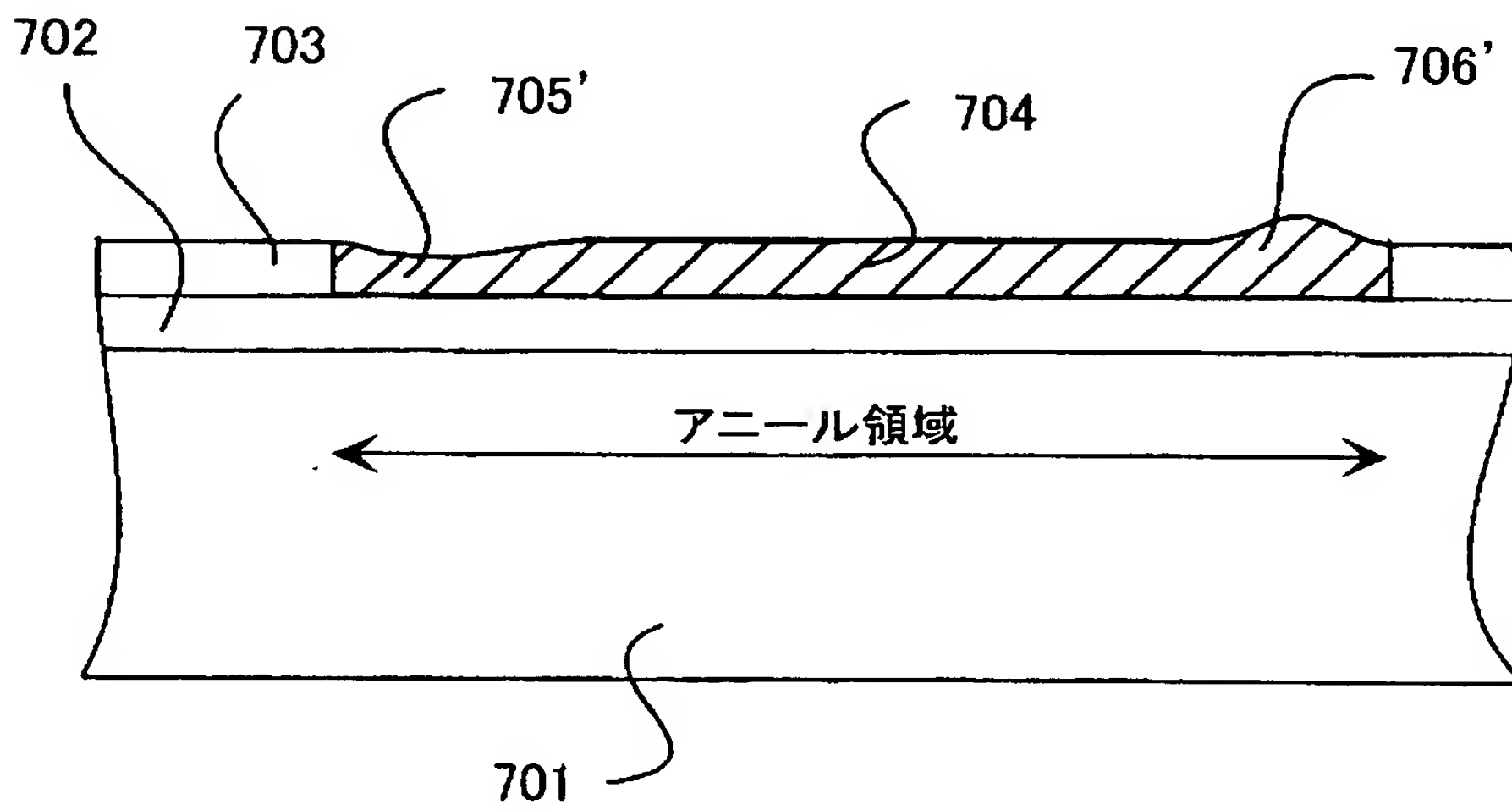
【図 20】

図 20

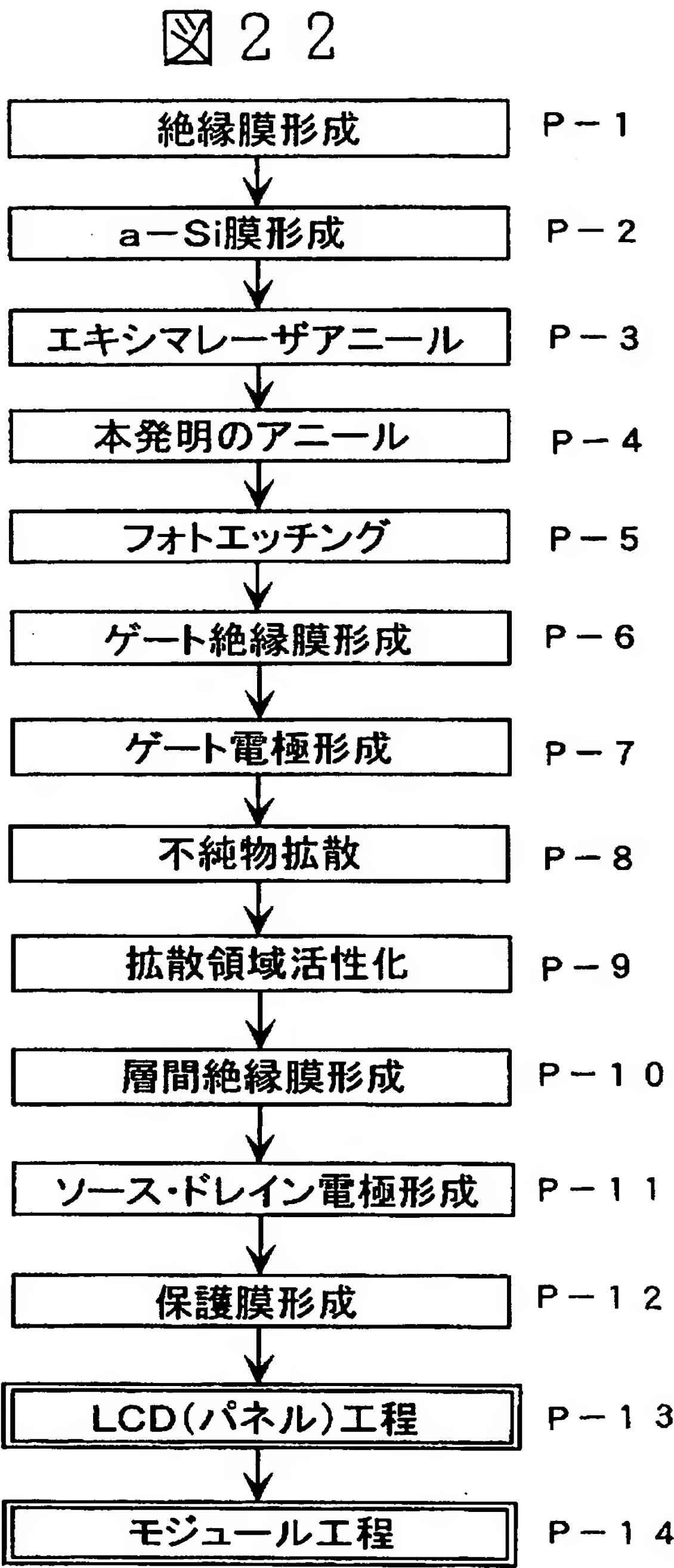


【図 21】

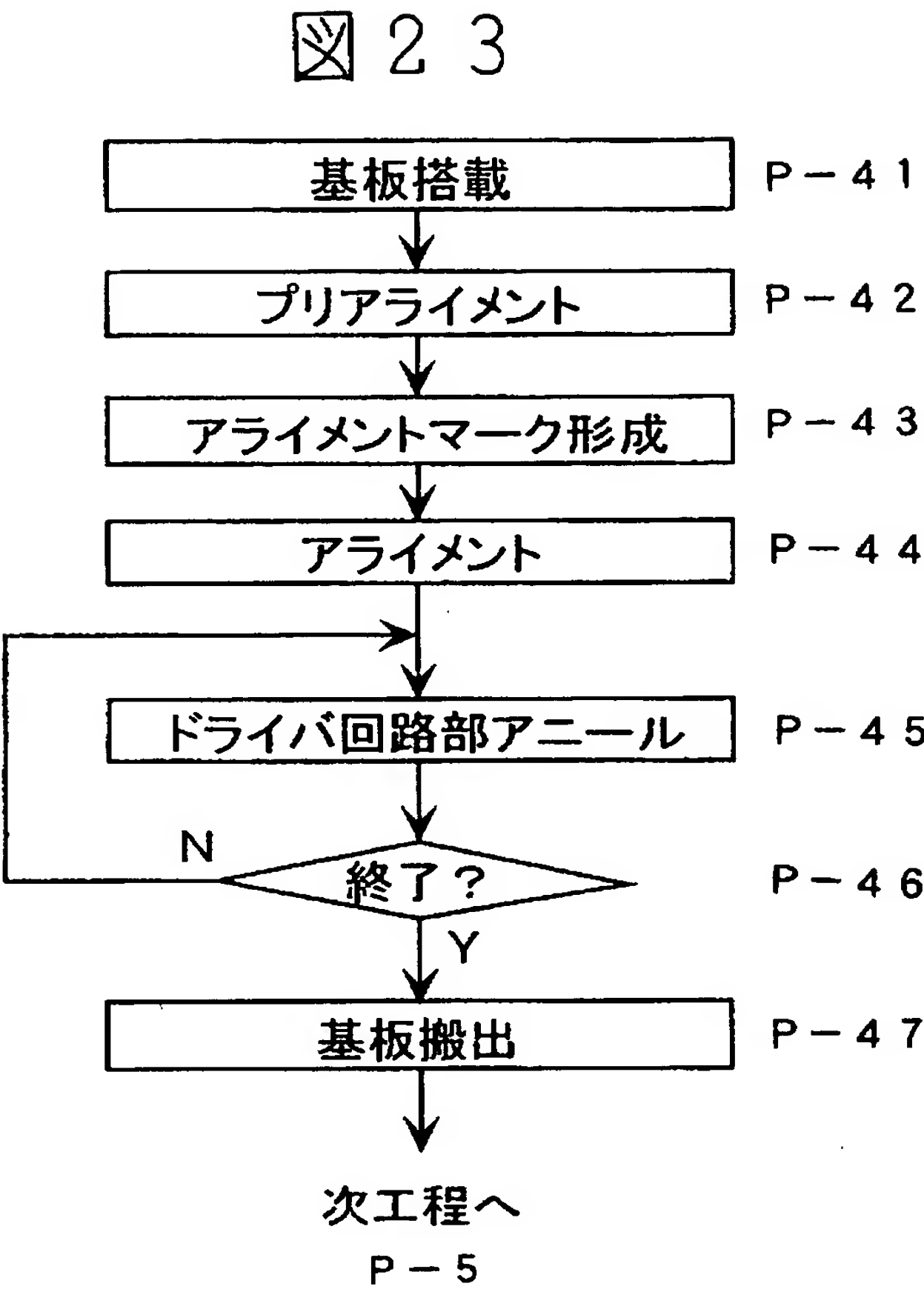
図 21



【図 2 2】

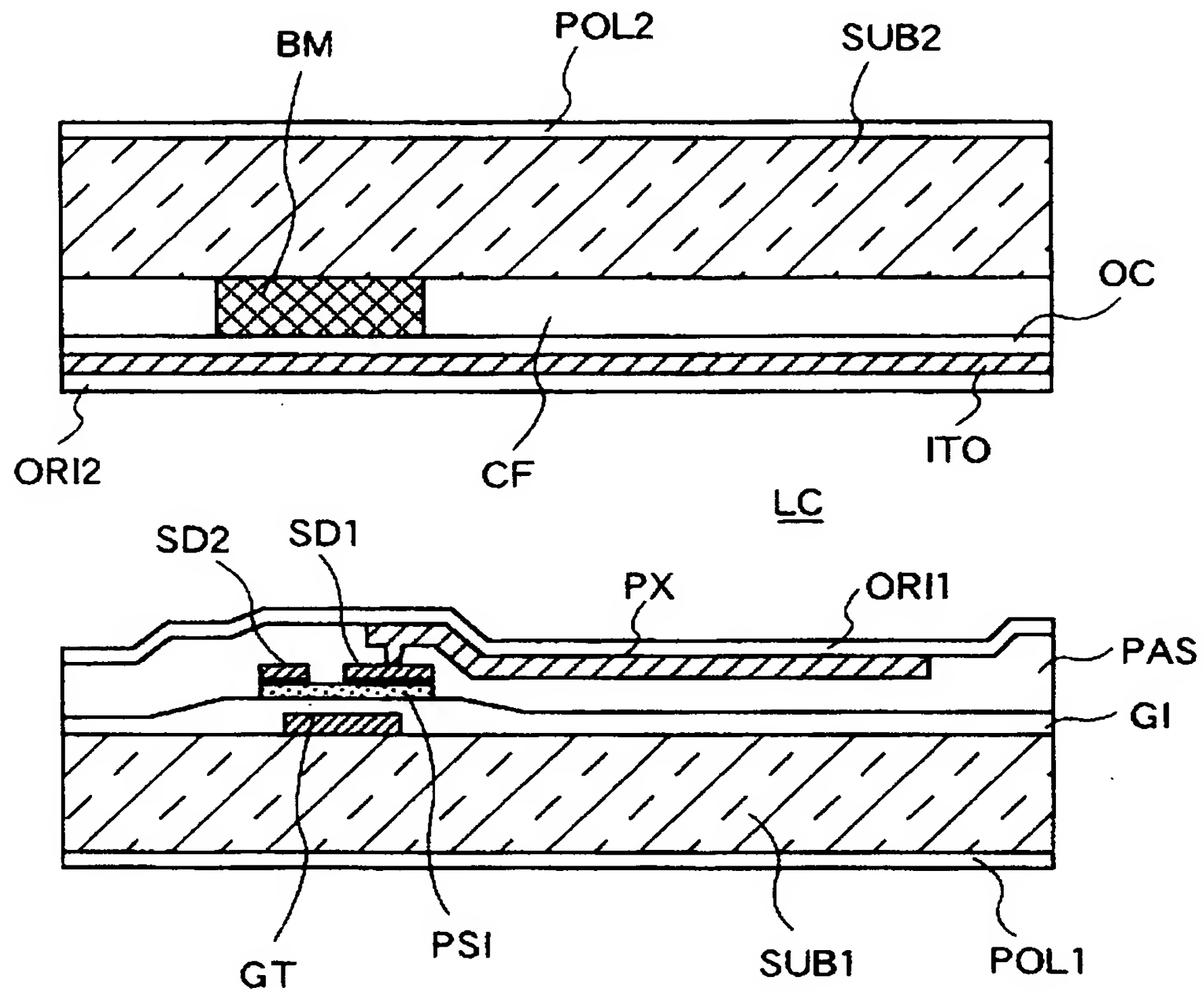


【図 2 3】



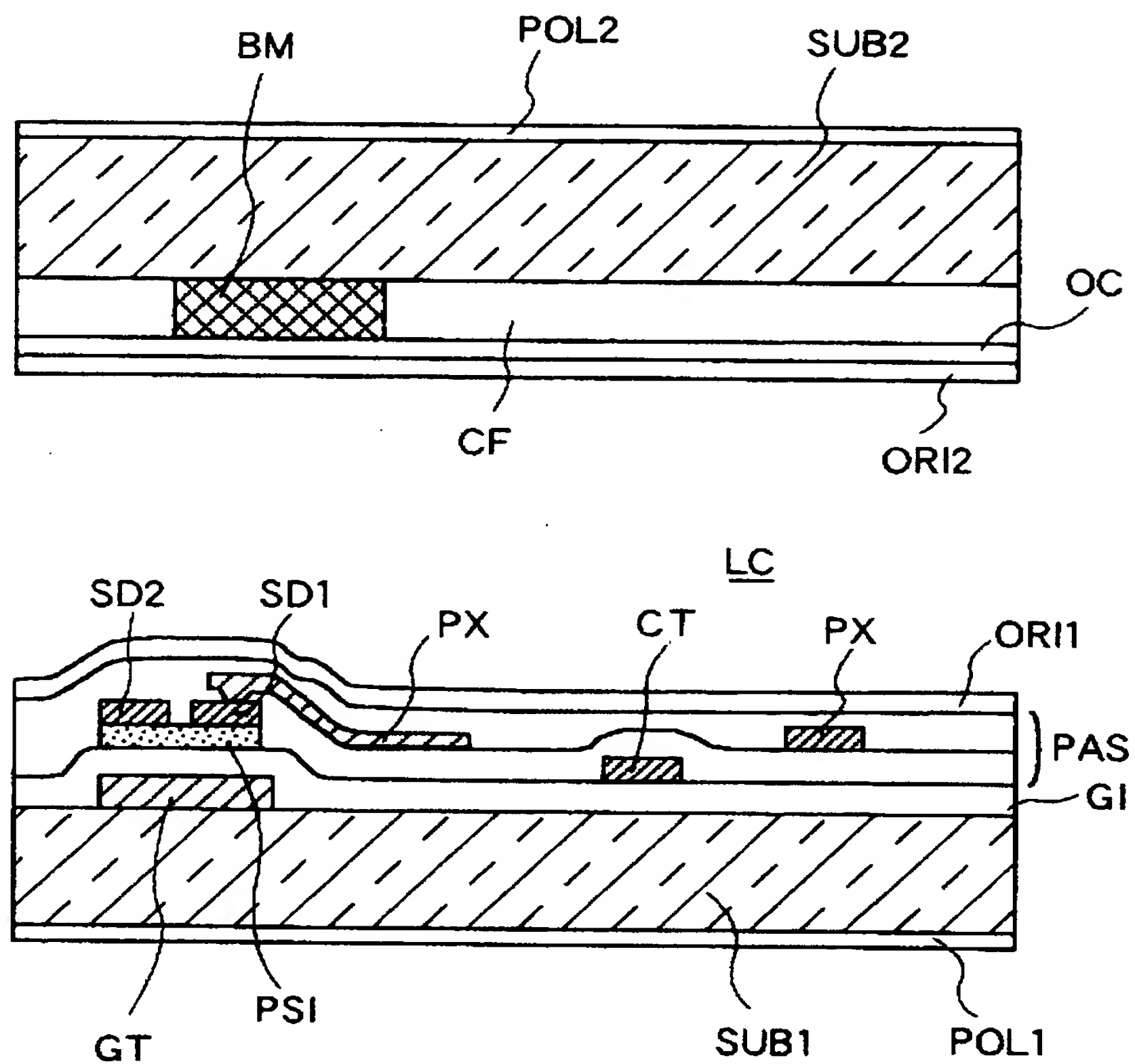
【図 24】

図 24



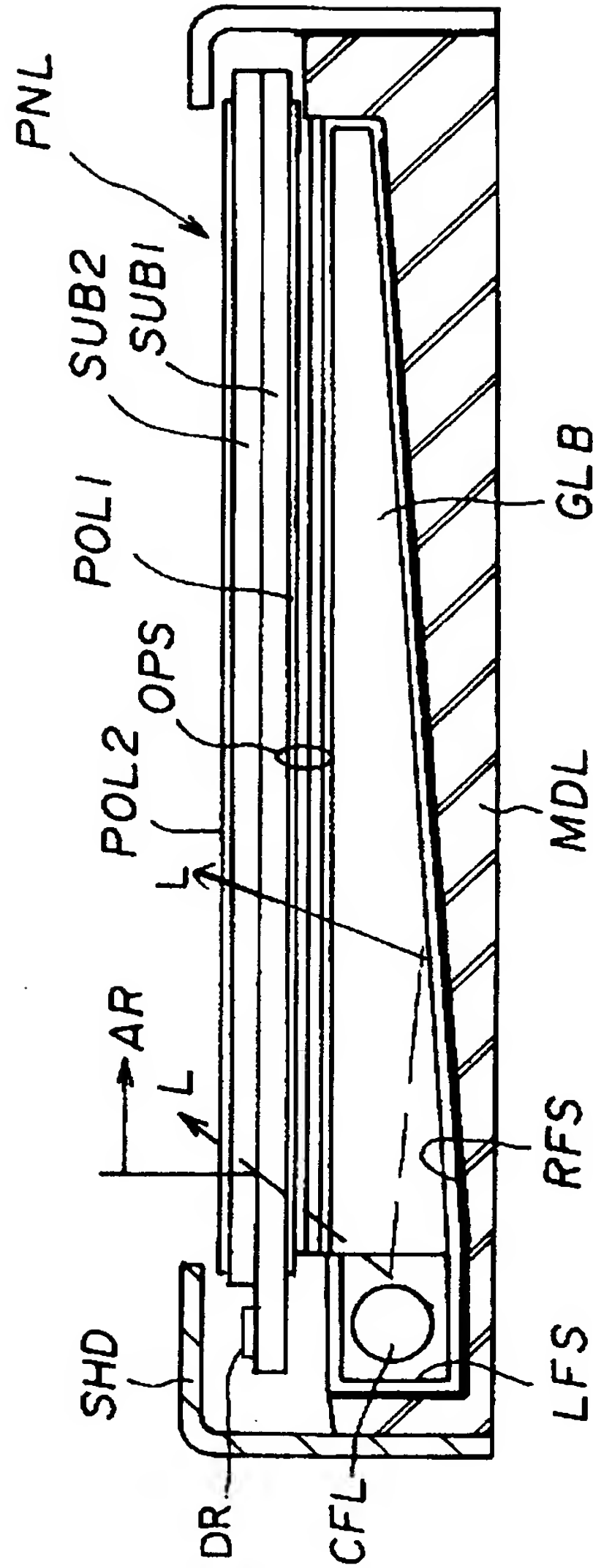
【図 25】

図 25



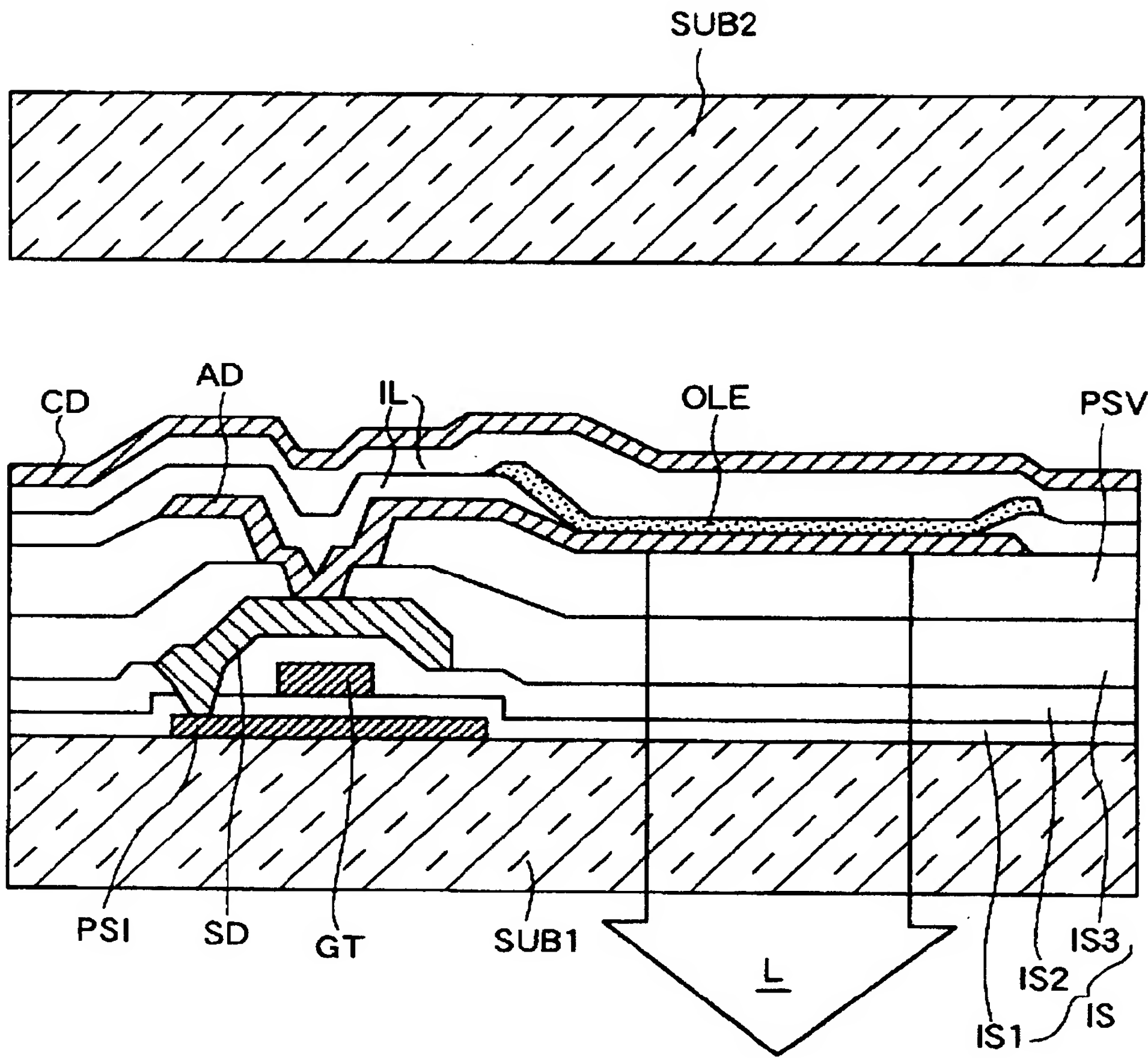
【図 26】

図 26



【図 27】

図 27



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の位置のみに形成した安定かつ高品質な半導体膜（シリコン膜）にアクティブ素子を有する絶縁基板で構成した表示装置を得る。

【解決手段】 絶縁基板 1 上の表示領域 1 0 1 の外側の駆動回路形成領域 1 0 2 に、線状あるいは矩形状（帯状）に集光された連続発振レーザ光をオン／オフしながら走査して当該駆動回路領域 1 0 2 に作り込む領域 1 0 4、1 0 5、1 0 6、1 0 7、1 0 8、1 0 9、1 1 0 をアニールし、当該能動層を流れる電流の方向を横切る結晶粒界を持たない結晶を含む帯状多結晶シリコン膜に改質する。

【選択図】 図 6

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）

【あて先】 特許庁長官 殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2002-256533

【承継人】

【識別番号】 502356528

【氏名又は名称】 株式会社日立ディスプレイズ

【承継人代理人】

【識別番号】 100093506

【弁理士】

【氏名又は名称】 小野寺 洋二

【提出物件の目録】

【包括委任状番号】 0214237

【物件名】 承継人であることを証する書面 1

【援用の表示】 なし

【プルーフの要否】 要

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 5 6 5 3 3
受付番号	5 0 3 0 0 3 7 5 8 1 5
書類名	出願人名義変更届（一般承継）
担当官	山内 孝夫 7 6 7 6
作成日	平成 1 5 年 5 月 2 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 3月 7日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 5 6 5 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所

特願 2 0 0 2 - 2 5 6 5 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 0 2 3 5 6 5 2 8]

1 . 変更年月日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 千葉県茂原市早野 3 3 0 0 番地

氏 名 株式会社 日立ディスプレイズ